se usam sequestrantes polidentados. Admite-se ainda que o agente precipitante não forma complexos com os metais.

A função r que, em virtude do que foi dito, se definirá como a razão entre as concentrações em solução do metal que se pretende sequestrar $-M_I-$ e a do metal que se pretende precipitar $-M_{II}-$, no momento em que a solução está saturada em $M_{II_p}P_n$ e $M_{I_p}P_m$, será

$$r = \frac{[M_I] + [M_I L]}{[M_{II}] + [M_{II} L]} = \frac{[M_I]\{1 + K_I [L]\}}{[M_{II}]\{1 + K_{II} [L]\}}$$

sendo

$$K_I = \frac{[M_I L]}{[M_I][L]} \quad \text{e} \quad K_{II} = \frac{[M_{II} L]}{[M_{II}][L]}$$

Os valores de $[M_I]$ e $[M_{II}]$ serão determinados pelos produtos de solubilidade dos sais $M_{I_p} P_m$ e $M_{II_p} P_n$, respectivamente S_I e S_{II}.

Será pois

$$r = \frac{\left(\frac{S_I}{[P]^m}\right)^{1/p} \{1 + K_I [L]\}}{\left(\frac{S_{II}}{[P]^n}\right)^{\frac{1}{p}} \{1 + K_{II} [L]\}} =$$

$$= \left(\frac{S_I}{S_{II}} \cdot [P]^{(n-m)}\right)^{1/p} \cdot \frac{1 + K_I [L]}{1 + K_{II} [L]}$$

O factor $\left(\frac{S_I}{S_{II}} [P]^{(n-m)}\right)^{1/p} = A$ é evidentemente constante para cada caso considerado. A sua interpretação, no sentido de melhorar a separação, dará as condições óptimas de realização de uma precipitação fraccionada. Assim, convém que: *a*) S_I seja muito maior que S_{II}; *b*) Que a valência do ião precipitante seja a menor possível se o produto $\frac{S_I}{S_{II}} \cdot [P]^{(n-m)}$ for maior que 1, e a maior possível no caso contrário.

Como, em geral, será $[P] < 1$, a separação será também mais perfeita se $m > n$, pois r será tanto maior quanto maior a diferença $(m-n)$; se $m = n$ a eficiência da separação será independente da concentração de precipitante. Para o caso do chumbo e tálio, atrás referido, é $m=2$ e $n=1$, convindo pois usar o mínimo de precipitante necessário, neste caso o ião I^-. Se se pretendesse manter em solução o metal de menor valência, a inversa seria verdadeira.

Vejamos agora o que se passa ao introduzir um sequestrante no sistema. A função $r([L])$ a estudar terá a forma

$$r = A. \frac{1 + K_I [L]}{1 + K_{II} [L]} = \frac{A + AK_I [L]}{1 + K_{II} [L]}$$

Trata-se dum caso particular da chamada «função homográfica» e portanto a sua representação gráfica será uma hipérbole equilátera de centro

$$C\left(-\frac{1}{K_{II}}; A. \frac{K_I}{K_{II}}\right)$$

e de assímptotas paralelas aos eixos

$$[L] = -\frac{1}{K_{II}} \quad \text{e} \quad r = A \frac{K_I}{K_{II}}$$

O gráfico da função é pois do tipo apresentado na Figura 1.

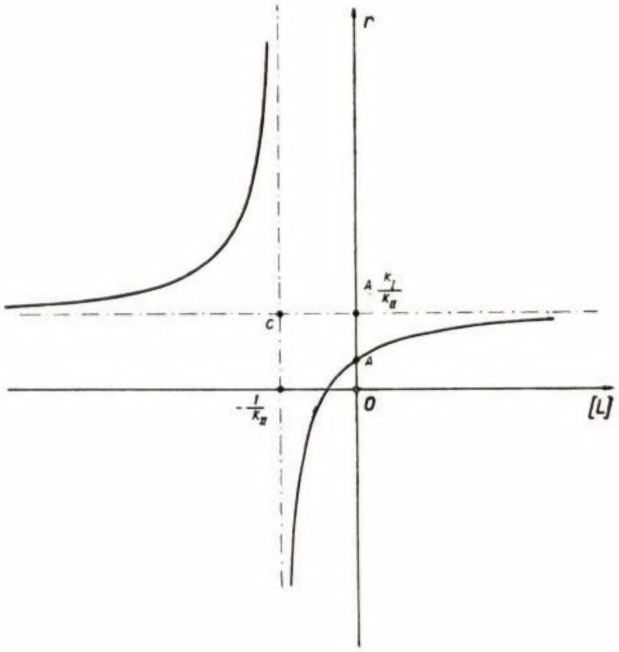


Fig. 1

Evidentemente, só nos interessa o caso em que $[L] \geqslant 0$, isto é, a parte positiva do ramo inferior da hipérbole que passamos a examinar.

Calculemos a 1.ª derivada da função r

$$r' = \frac{A(K_I - K_{II})}{(1 + K_{II}[L])^2} > 0$$

Como nos interesa o caso em que $K_I >> K_{II}$, a 1.ª derivada é sempre positiva e a função sempre crescente. Verifica-se no entanto que embora

seja $K_I >> K_{II}$ o crescimento se torna insignificante a partir de um valor não muito grande de [L], visto que é então controlado pelo produto $K_{II}^2 [L]^2$ que intervém no denominador de r'.

Ora visto que os extremos superior e inferior (mínimo) da função *r* no domínio que nos interessa ([L] > 0) são $A . \frac{K_I}{K_{II}}$ e A, respectivamente, tem interesse calcular os valores de [L] para os quais se vão atingindo determinadas percentagens do extremo superior. Isto equivale a resolver equações do tipo

$$A . \frac{1 + K_I [L]}{1 + K_{II} [L]} = \frac{\alpha}{100} . A . \frac{K_I}{K_{II}}$$

em ordem a [L], onde α é a percentagem do extremo superior.

Fazendo $\frac{\alpha}{100} = \beta$, $o < \beta < 1$, vem

$$\frac{1 + K_I [L]}{1 + K_{II} [L]} = \beta . \frac{K_I}{K_{II}}$$

Donde

$$[L] = \frac{\beta K_I - K_{II}}{(1-\beta) K_I K_{II}} = \frac{\beta \frac{K_I}{K_{II}} - 1}{(1-\beta) K_I}$$

Isto é, os valores de [L] dependem não só do valor do cociente $\frac{K_I}{K_{II}}$, mas também do próprio valor de K_I e, claro, do valor de β escolhido, condicionado por $\beta > \frac{K_{II}}{K_I}$ para que $[L] > 0$.

Podemos pois fixar β e representar [L] em função de K_I tomando $\frac{K_I}{K_{II}}$ como parâmetro. É porém possível simplificar a expressão deduzida, pois nos casos de interesse prático é $K_I > 10^2 . K_{II}$ e β próximo de 1. Então, sem erro sensível,

$$[L] = \frac{\beta . \frac{K_I}{K_{II}}}{(1-\beta) K_I} = \frac{\beta}{(1-\beta)} . \frac{1}{K_{II}}$$

Assim os valores de [L] a partir dos quais *r* é superior a 100 β % do extremo superior da função, apenas dependem de β e de K_{II}, o que permite uma representação cómoda para traduzir a dependência das várias variáveis em jogo.

Esta representação pode fazer-se em escala logarítmica tanto mais que em Química Analítica é costume exprimir as constantes de estabilidade nesta forma. Será pois

$$\log [L] = \log \frac{\beta}{1-\beta} - \log K_{II}$$

ou

$$pL = \log K_{II} - \log \frac{\beta}{1-\beta}$$

sendo $pL = -\log [L]$.

Representações de pL em função de $\log K_{II}$ considerando β como parâmetro, serão pois linhas rectas de coeficiente angular unitário — Figura 2.

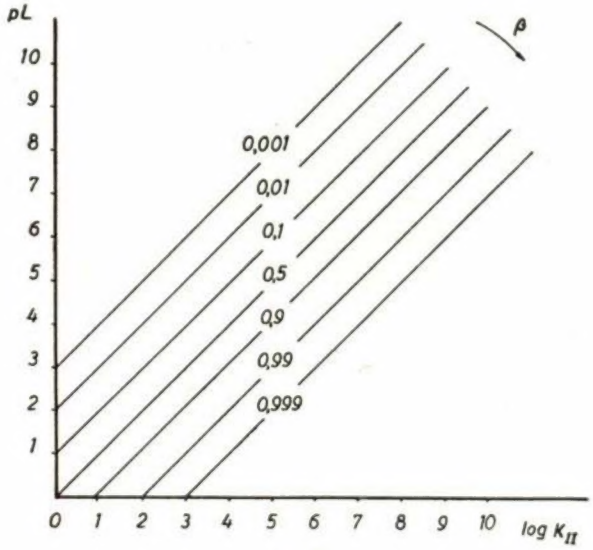


Fig. 2

A figura anterior permite determinar imediatamente, para uma certa percentagem do máximo de separação, o valor da concentração livre de sequestrante. Para um valor de $\beta = 0{,}99$, isto é, para $\alpha = 99$ % do extremo superior será

$$pL \simeq \log K_{II} - 2$$

que dá uma norma quantitativa a seguir no uso de agentes sequestrantes.

Convém porém fazer um certo número de observações a respeito das aplicações; com efeito, a não ser que L seja uma base muito fraca (no sentido de Brönsted), como é o caso de muitos ligantes inorgânicos, não se pode assimilar [L] à concentração total de ligante não ligado a qualquer dos metais, que podemos representar por C_L.

A relação entre as duas quantidades é no entanto fácil de estabelecer; omitindo cargas para simplificar será:

$$C_L = [L] + [LH] + [LH_2] + \ldots + \\ + [LH_p] = \alpha_H \,.\, [L]$$

em que

$$\alpha_H = 1 + \frac{[H^+]}{K_p} + \frac{[H^+]^2}{K_{p-1}\,K_p} + \ldots + \frac{[H^+]^P}{K_1 K_2 \ldots K_p}$$

dependendo apenas do ligante escolhido e do pH da solução.

A expressão que dá então a quantidade de sequestrante a usar (em excesso) será pois

$$C_L = \frac{\beta}{1-\beta} \cdot \frac{\alpha_H}{K_{II}}$$

É curioso notar que $\frac{\alpha_H}{K_{II}}$ é precisamente o inverso da «constante condicional» (4) do complexo $M_{II}L$ que poderemos representar por K'_{II}. De acordo com as considerações anteriores será, de um modo geral

$$pC_L = \log K'_{II} - \log \frac{\beta}{1-\beta}$$

Exemplificamos esta relação com o gráfico calculado para o ácido etilenodiamino tetra-acético (EDTA) — Figura 3.

A figura anterior pode servir de base às conclusões finais deste trabalho, constituindo também um guia para a escolha das condições necessárias para efectuar uma determinada separação, utilizando EDTA como sequestrante. Gráficos idênticos podem estabelecer-se para qualquer outro ligante desde que as constantes de dissociação ácida respectivas sejam conhecidas.

Assim, verifica-se que a eficiência da separação pode ser fortemente influenciada pelo pH do meio; por exemplo para um metal cujo complexo com o EDTA tenha uma constante de estabilidade igual a 10^6, a separação feita a pH = 6, usando o excesso de ligante necessário para tornar a solução 1 M, não será nunca superior a cerca de 91 % do valor teórico; numa solução em que a concentração de ligante não complexado seja 0,1 M, a separação não excede os 60 % desse valor.

À medida que se aumenta o pH, a eficiência da separação, para uma mesma quantidade de ligante, aumenta também; para o mesmo pH e para a mesma quantidade de ligante, a eficiência aumenta à medida que a constante de estabilidade do complexo $M_{II}L$ aumenta (atendendo à condição $\beta \,.\, \frac{K_I}{K_{II}} >> 1$); para o mesmo pH e K_{II}

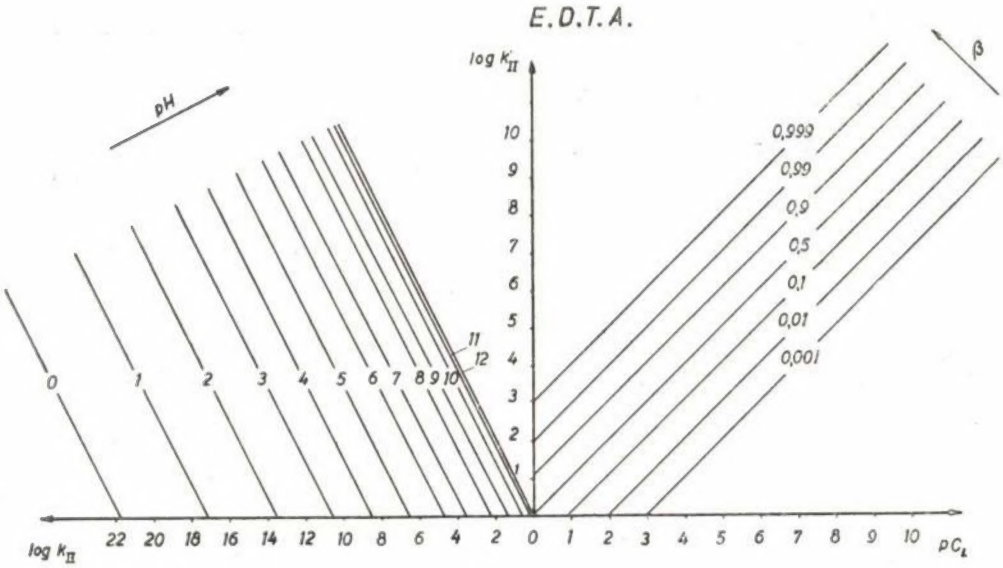
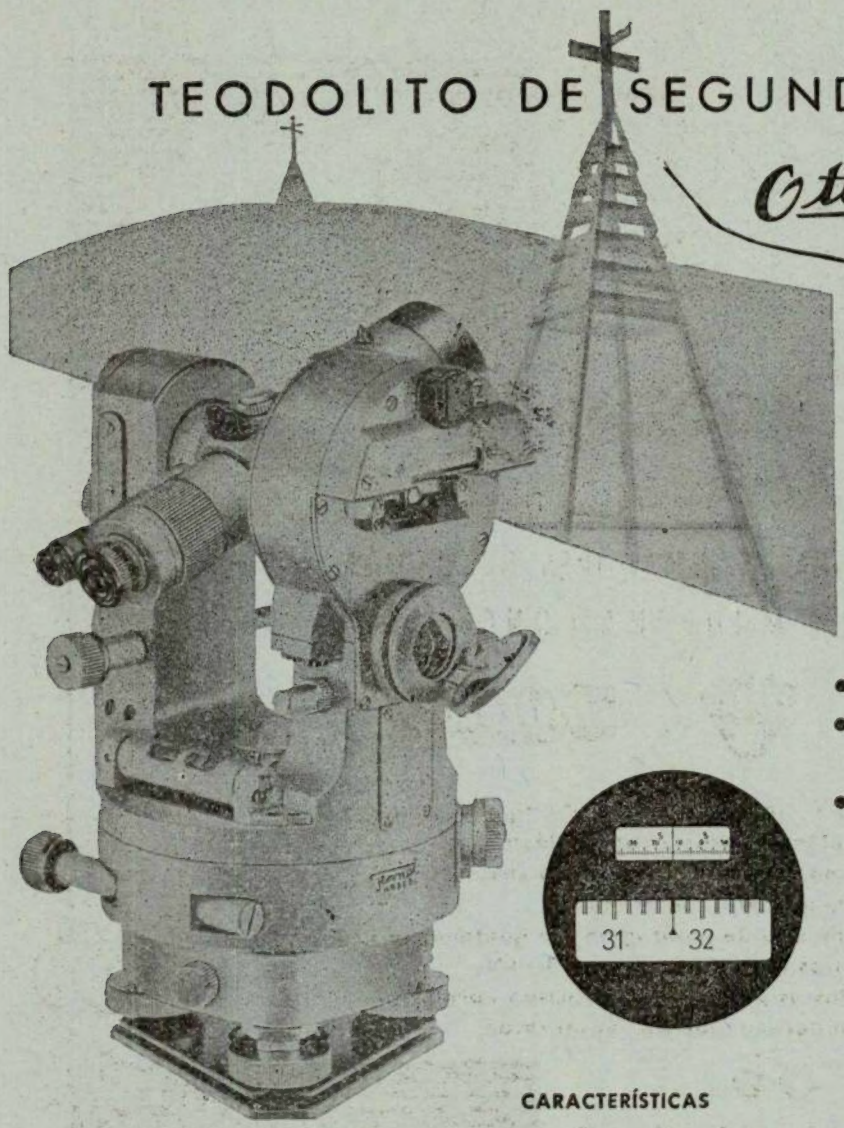


Fig. 3

É claro que teremos agora um gráfico para cada ligante, como aliás acontece na determinação de «constantes condicionais».

TEODOLITO DE SEGUNDOS FT2

Otto-Fennel



Para triangulações de segunda e terceira ordens, poligonação de precisão, orientação e medidas astronómicas de ligação, levantamentos subterrâneos e todos os trabalhos de precisão em geral

- Óculo reversível
- Leitura por sistema directo
- Óptica tratada de grande luminosidade

CARACTERÍSTICAS

Telescópio — Analáctico com focagem interna; óptica tratada; comprimento 175 mm; ampliação 30 x; abertura da objectiva 40 mm; distância mínima de mira 1,25 m; constante de adição zero; constante de multiplicação 100.

Níveis — Circular 8'; de horizontalidade, paralelo ao eixo de inclinação 20"; de coincidência no círculo vertical 20".

Círculo horizontal — Diâmetro 90 mm; leitura directa 1" — 2cc; leitura por avaliação 0,1" — 0,2cc.

Círculo vertical — Diâmetro 70 mm; leitura directa 1" — 2cc; leitura por avaliação 0,1" — 0,2cc.

Tripé extensível; caixa metálica com pequenos acessórios.
Pesos: instrumento 6,5 kg; tripé 6 kg; caixa metálica 4,5 kg.

REPRESENTANTES

PAPELARIA FERNANDES S. A. R. L.

LARGO DO RATO, 13
TELEF. 68 21 31 — 9 LINHAS

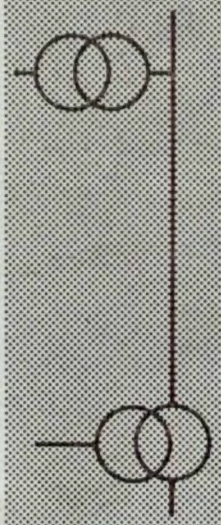
LISBOA

R. DO OURO, 145 — TELEF. 32 83 61
R. DO CRUCIFIXO, 84 — TELEF. 32 60 66

EFACEC

AGORA, TAMBÉM...

TRANSFORMADORES DE MEDIDA DE MODERNA CONCEPÇÃO!



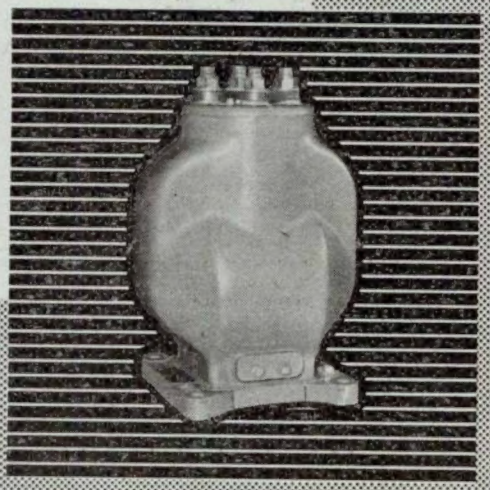
EFACEC **Balteau**

- 100 % sêcos, tipo RÉSIBLOC (quartzo + araldite);
- Excelentes características eléctricas;
- Grande resistência aos curto-circuitos;
- Reduzido atravancamento;
- Facilidade de montagem em qualquer posição;
- Classes de isolamento até 30 kV;
- Todas as potências de precisão normais;
- Sem necessidade de conservação.

EFACEC

EMPRESA FABRIL DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS
S. A. R. L.

S. Mamede de Infesta — PORTO



a eficiência é tanto maior quanto maior o excesso de ligante, verificando-se no entanto na figura que não interessa ir além de um determinado valor e devendo atender-se a que outras condições físicas (solubilidade do ligante, por exemplo) podem ainda impor o seu limite.

BIBLIOGRAFIA

(1) — Cheng, K. L. — *Anal. Chem.* **33**, 783 (1961).

(2) — Ringbom, A. *in* Kolthoff e Elving: *Treatise of Analytical Chemistry*, Interscience, 1961, pag. 616.

(3) — Irving, H. e da Silva J. J. R. F. — *J. Chem. Soc.*, 448, (1963).

(4) — Kolthoff, I. M., cf. Ringbom, A. — *J. Chem. Ed.*, **35**, 282 (1958).

SUMÁRIO

O tratamento matemático de uma função proposta para medir quantitativamente a eficiência das separações por precipitação, usando agentes sequestrantes, permite estabelecer as condições operatórias óptimas. Sugere-se um tipo de ábaco adequado à selecção dessas condições.

SUMMARY

Mathematical treatment of a function related to the «efficiency» of separations by precipitation using masking agents, leads to the establishment of the best operatory conditions. A nomogram for selecting such conditions is presented.

C. D. U. 621.311.5/91

Elementos sobre a produção e o consumo de energia na rede eléctrica nacional

— Elementos extraídos das estatísticas mensais do Repartidor Nacional de Cargas (R. N. C.)

NOTA: *As produções e os consumos das empresas do R. N. C. representam cerca de 94 % dos totais do País.*

I — Breve nota mensal

No aspecto hidrológico, o mês de Dezembro apresentou-se, no conjunto, muito abaixo da média, tendo a respectiva afluência atingido apinas 86 % da mais desfavorável registada nos últimos 40 anos. Foi atingida a curva guia inferior do conjunto das albufeiras da Rede Primária pelo que enrtraram em serviço de apoio as centrais térmicas antigas.

II — Elementos gerais (GWh)

a) Mensais

	1961	1962	Variação %
Produção hidráulica (P_h) . . .	319,2	231,1	— 29
Produção térmica (P_t)	0,0	52,0	—
Produção total (P_T)	319,2	289,1	— 9
Exportações (Ex)	8,0	0,0	— 100
Importações (I)	7,9	26,1	+ 230
Produção para consumos não perman. (P_{cnp}) . .	57,4	10,3	— 82
Produção para consumos permanentes (P_{cp}) (1)	261,7	304,9	+16,5 (2)
	1,90	0,34	—

b) Acumulados desde 1 de Janeiro

	1961	1962	Variação %
Produção hidráulica (P_h) . . .	3337,7	3440,0	+ 3
Produção térmica (P_t)	59,6	164,0	+ 175
Produção total (P_T)	3397,3	3604,9	+ 6
Exportações (Ex)	10,4	0,0	— 100
Importações (I)	10,2	26,7	+ 162
Produção para consumo não perman. (P_{cnp}) . .	717,1	632,3	— 12
Produção para consumos permanentes (P_{cp}) (1)	2680,0	2999,3	+11,9 (2)
	1,05	0,96	—

NOTAS:

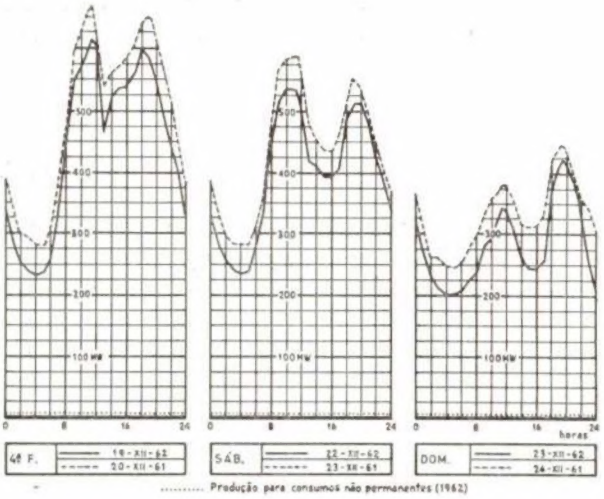
(1) A produção para consumos permanentes (P_{CP}) é determinada pela seguinte expressão: $P_{CP} = P_T - P_{cnp} + 1 - E_X$

(2) O aumento percentual de produção para consumos permanentes, tendo em conta a incidência dos domingos e dias especiais, é respectivamente de 16,5 e 12,0 %.

III — Diagramas de carga dos dias característicos

	4.ª feira: 20-12-961	4.ª feira: 19-12-962
Produção hidráulica (P_h) — MWh	12101	7556
Produção térmica (P_t) — MWh . .	0	2258
Produção total (P_T) — MWh . . .	12101	9814
Trocas com Espanha: Exportações MWh .	333	0
Trocas com Espanha: Importações MWh .	328	1012
Produção para consumos não permanentes — MWh.	12096	10826
Potência máxima MW	1824	82
Potência mínima MW	670,0	613,0
Utilização da ponta (U) — horas	279,0	230,5
Factor de carga (α)	18,1	17,7
Relação $\frac{\text{Pot. mín.}}{\text{Pot. máx.}}$ (r)	0,75	0,74
	0,42	0,38

DEZEMBRO



IV — Energia armazenada nas principais albufeiras

Albufeiras:	No fim do mês GWh	No fim do mês % (1)
Paradela	4,9	2,2
Venda Nova	12,0	9,6
Salamonde	8,5	30,8
Caniçada	14,6	44,1
Cabril :	53,7	15,8
Castelo do Bode	64,6	39,6
Guilhofrei	1,1	13,3
Lagoa Comprida	12,1 (2)	36,1
Santa Luzia	8,8	14,3
Pracana	3,9	30,5
Póvoa	3,4 (3)	27,9
Total . . .	187,6	18,0

Notas:

(1) Coeficiente de enchimento em energia das albufeiras.

(2) Inclui 1,5 GWh armazenados em Vale do Rossim no fim do mês.

(3) Inclui 0,5 GWh armazenados no açude do Poio no fim do mês.

C. D. U. 534.112.001.2

DIMENSIONAMENTO DE UM OSCILADOR MECÂNICO DE ALTA FREQUÊNCIA POR CORDA VIBRANTE

PELO ENG.º MEC. (I. S. T.) JORGE NEVES DA SILVA
(Assistente do I. S. T.)

0. APRESENTAÇÃO

São bem conhecidos os osciladores mecânicos de alta frequência pelo processo da corda vibrante, necessários sempre que se pretende uma oscilação mecânica rápida, de frequência constante e fàcilmente ajustável. Pretende-se expor a teoria do seu funcionamento e apresentar o formulário necessário para determinação dos vários parâmetros, com aplicação a um aparelho construído no Laboratório de Máquinas do I. S. T. Este aparelho foi-nos solicitado pelo nosso colega, Assistente de Geologia, Eng. Augusto Pinto Clara, para um seu trabalho em curso, e com o qual pretende determinar valores da diferença de potencial de contacto entre diferentes materiais utilizando o método de Zisman, que exige que o sistema vibrante seja mecânico.

1. ESTUDO TEÓRICO

1.1 *Descrição do Aparelho*

Consta de uma alavanca interfixa (A) actuada numa extremidade por um fio elástico (F) de tensão regulável, tal como se apresenta esquemàticamente na fig. 1.

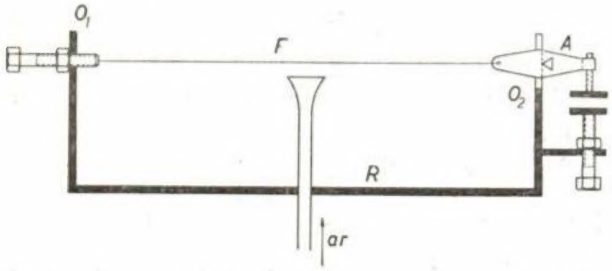


Fig. 1

A corda, sendo tangida, obrigará a alavanca a vibrar. A armação de suporte (R) terá que ser fortemente dimensionada uma vez que todas as suas frequências próprias deverão ser suficientemente elevadas para que não entrem em ressonância com a frequência que se pretende, e também para diminuir tanto quanto possível a sua deformação estática.

O movimento vibratório da corda e portanto do sistema, é garantido por meio de um jacto de ar incidindo a meio de F.

1.2 *Frequência própria do sistema elástico alavanca-fio*

Consideremos um modelo físico do sistema em referência (fig. 2):

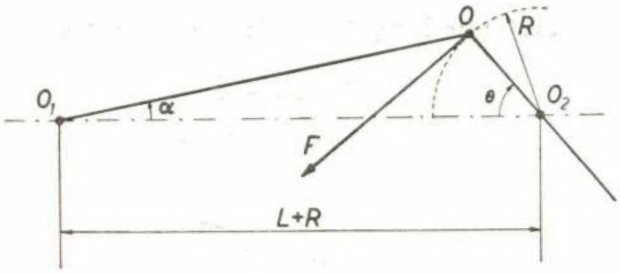


Fig. 2

É condição de equilíbrio que

$$I \cdot \frac{d^2\theta}{dt^2} + F \cdot R = 0 \qquad (1)$$

sendo I o momento de inércia de rotação da alavanca em torno de O_2, θ o ângulo que ela rodou, R o raio $\overline{OO_2}$ e F a componente tangencial ao movimento, da força de reacção do fio. Desprezam-se as acções amortecedoras dos atritos:

Mas da fig. 3 concluimos que:

$$T = T_0 + \frac{\Delta L \cdot E \cdot s}{L} \qquad (2)$$

em que T_0 é a tensão do fio em repouso, s a secção do fio e E o módulo de elasticidade do material que o constitui.

Tem-se ainda que

$$\Delta L = \frac{L + R\,(1-\cos\theta)}{\cos\alpha} - L =$$

$$= L\left(\frac{1}{\cos\alpha} - 1\right) + R\,\frac{1-\cos\theta}{\cos\alpha} \quad (3)$$

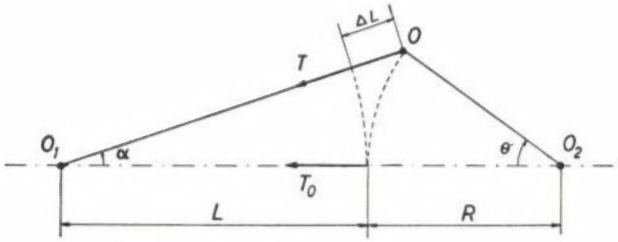


Fig. 3

Uma vez que α é muito pequeno em face dos valores práticos dos parâmetros, $\cos\alpha \simeq 1$, o primeiro termo da expressão (3) é desprezável, e fica aproximadamente

$$\Delta L = R\,(1 - \cos\theta) \quad (4)$$

Por outro lado, de acordo com a fig. 4 é

$$F = T\cos\beta$$

$$\beta = \frac{\pi}{2} - \theta - \alpha$$

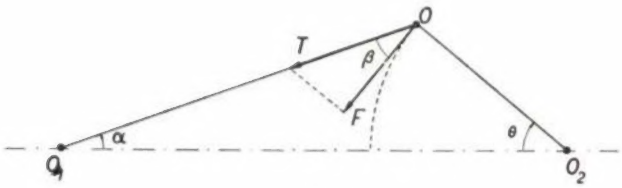


Fig. 4

e, desprezando α pelo motivo indicado acima,

$$F = T\cos\left(\frac{\pi}{2} - \theta\right)$$

$$= T\,\mathrm{sen}\,\theta \quad (5)$$

Por substituição de (4) em (2) e desta expressão em (5), fica

$$F = \left[T_o + \frac{R\cdot s}{L}\,E\,(1-\cos\theta)\right]\mathrm{sen}\,\theta \quad (6)$$

Finalmente, substituindo (6) em (1):

$$I\,\frac{d^2\theta}{dt^2} + \left[T_o + \frac{R\cdot s}{L}\,E\,(1-\cos\theta)\right]\mathrm{sen}\,\theta\,.\,R = 0$$

e introduzindo as simplificações por ser θ de pequena amplitude:

$$\mathrm{sen}\,\theta \simeq \theta$$

$$1 - \cos\theta \simeq \frac{\theta^2}{2}$$

será ainda

$$I\,\frac{d^2\theta}{dt^2} + T_o R\cdot\theta + \frac{R^2\cdot s}{2L}\,E\cdot\theta^3 = 0 \quad (7)$$

ou integrando

$$\frac{1}{2}\,I\left(\frac{d\theta}{dt}\right)^2 + \frac{1}{2}\,T_o R\cdot\theta^2 + \frac{R^2\cdot s}{8L}\,E\cdot\theta^4 = C^{te} \quad (7')$$

Esta equação exprime a conservação da energia do sistema que, por simplificação, supuzemos não dissipativo: é constante a soma das energias cinética $\left[\frac{1}{2}\,I\left(\frac{d\theta}{dt}\right)^2\right]$ e potencial $\left[\frac{1}{2}\,T_o R\,\theta^2 + \frac{R^2\cdot s}{8L}\,E\cdot\theta^4\right]$ do sistema.

Sucede que um dos termos que exprime o quantitativo em energia potencial é muito menor que o outro relativamente aos valores usuais dos parâmetros. Poder-se-á verificar em face dos resultados práticos que $\frac{1}{2}\,T_o R$ e $\frac{R^2 s}{8L}\,E$ são da mesma ordem de grandeza, mas como a amplitude de θ nunca excede uns 4°, o termo em θ^4 é da ordem de grandeza de 10^{-2} vezes o termo em θ^2, pelo que o poderemos desprezar em primeira aproximação.

Conseguimos assim reduzir (7) a uma equação diferencial linear homogénea de fácil integração

$$I\cdot\frac{d^2\theta}{dt^2} + T_o R\cdot\theta = 0 \quad (8)$$

modelo matemático aproximado do sistema descrito.

A solução geral (1) para esta equação é

$$\theta(t) = \theta(0)\cos(\omega_o t) + \frac{\theta'(0)}{\omega_o}\,\mathrm{sen}\,(\omega_o t) \quad (9)$$

onde $\theta(0)$ e $\theta'(0)$ significam os valores de θ e θ' para $t = 0$, e em que

$$\omega_o = \sqrt{\frac{T_o R}{I}} \quad (10)$$

(1) Ver, por exemplo, G. Goertzel & N. Tralli, *Some Mathematical Methods of Physics*, pág. 45.

Trata-se pois de um sistema aproximadamente linear para pequenas oscilações, de frequência ω_0 e amplitude Θ dada pelas condições iniciais $\theta(0)$ e $\theta'(0)$.

1.3 *Frequência própria fundamental da corda vibrante*

Uma corda vibrante é um sistema elástico constituído pela sua massa e pela sua elasticidade de tracção. A determinação que vamos efectuar implica que o fio seja infinitamente flexível pelo que os resultados práticos serão tanto mais aproximados quanto menor for o seu diâmetro em relação ao mesmo material, isto é, no fio, como um sólido elástico, só se apreciam as tensões e deformações segundo o seu eixo de simetria.

Consideremos um elemento de fio ds (fig. 5). Para que haja equilíbrio é necessário que as forças representadas equilibrem as forças de inércia da massa elementar

$$\frac{P}{g}\, ds$$

em que p e g são respectivamente o peso do fio por unidade de comprimento e a aceleração da gravidade.

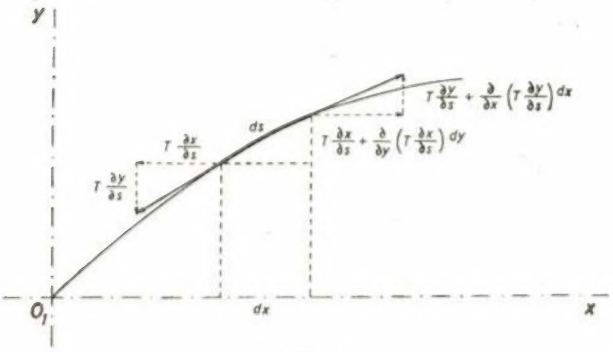


Fig. 5

Supondo que os deslocamentos longitudinais são desprezáveis:

$$\begin{cases} T\dfrac{dx}{ds} - \left[T\dfrac{dx}{ds} + \dfrac{\partial}{\partial y}\left(T\dfrac{dx}{ds}\right)dy\right] = 0 \\ T\dfrac{dy}{ds} + \dfrac{p}{g}\, ds\, \dfrac{\partial^2 y}{\partial t^2} - \left[T\dfrac{dy}{ds} + \dfrac{\partial}{\partial x}\left(T\dfrac{dy}{ds}\right)dx\right] = 0 \end{cases}$$

ou seja

$$\begin{cases} \partial\left(T\dfrac{dx}{ds}\right) = 0 \\ \dfrac{\partial}{\partial x}\left(T\dfrac{dy}{ds}\right)dx = \dfrac{p}{g}\,\dfrac{\partial^2 y}{\partial t^2}\, ds \end{cases} \qquad (11)$$

Da primeira equação de (11) obtemos por integração imediata

$$T\frac{dx}{ds} = C\ ,\ \text{constante}$$

ou

$$T = C\frac{ds}{dx}$$

que substituimos na segunda equação

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(C\frac{ds}{dx}\frac{dy}{ds}\right)dx = \frac{p}{g}\,\frac{\partial^2 y}{\partial t^2}\, ds$$

ou ainda

$$C\frac{\partial^2 y}{\partial x^2}\, dx = \frac{p}{g}\,\frac{\partial^2 y}{\partial t^2}\, ds \qquad (12)$$

Dado que a oscilação da corda é muito pequena comparada com o seu comprimento, $\dfrac{dx}{ds} \approx 1$ e portanto $T \approx T_0 \approx C$, e virá finalmente

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2}\, y(x, t) - \frac{1}{a^2}\,\ddot{y}(x, t) = 0 \qquad (13)$$

com

$$a = \sqrt{\frac{T_0\, g}{p}} \qquad (14)$$

e em que $\ddot{y}(x, t)$ significa $\dfrac{\partial^2}{\partial t^2}\, y(x, t)$.

No caso presente as condições aos limites são

$$\begin{aligned} y(0, t) &= 0 \\ y(L, t) &= R\,\theta(t) \end{aligned} \qquad (15)$$

sendo $\theta(t)$ a expressão (9), e supondo $\theta'(0) = 0$.

A solução geral para esta equação diferencial poder-se-ia determinar aplicando uma transformação de Fourier (1) à equação (13). Podemos no entanto propor uma solução que as experimentações nos sugerem ser muito provável, e verificá-la. Nestas condições, vamos admitir para solução de (13)

$$y(x, t) = Y(x)\cos(Bt - \varepsilon) \qquad (16)$$

e substituindo na equação diferencial (13), virá

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2}\, Y(x) + \frac{B^2}{a^2}\, Y(x) = 0 \qquad (17)$$

---

(1) Ver, por exemplo, o cap. 9 de *Some Mathematical Methods of Physics*, de G. Goertzel & N. Tralli.

equação cuja solução geral é da forma

$$Y(x) = C_1 \cos\left(\frac{B}{a}x\right) + C_2 \operatorname{sen}\left(\frac{B}{a}x\right) \quad (18)$$

As condições aos limites (15) e ainda a aproximação resultante de considerarmos (fig. 6):

$$\frac{d}{dx} Y(x) \Big|_{x=L} = -\operatorname{tg} \theta(0) \quad (19)$$

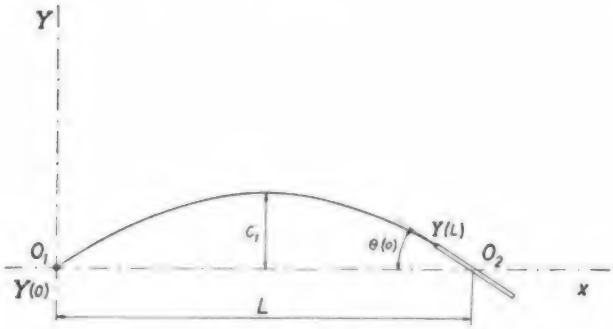


Fig. 6

originarão o sistema

$$\begin{cases} 0 = C_1 \\ R\,\theta(0) = C_1 \cos\left(\frac{B}{a}L\right) + C_2 \operatorname{sen}\left(\frac{B}{a}L\right) \\ -\operatorname{tg}\theta(0) = -C_1 \frac{B}{a} \operatorname{sen}\left(\frac{B}{a}L\right) + C_2 \frac{B}{a} \cos\left(\frac{B}{a}L\right) \end{cases} \quad (20)$$

Donde

$$\begin{cases} C_1 = 0 \\ C_2 \operatorname{sen}\left(\frac{B}{a}L\right) = R\,\theta(0) \\ C_2 \frac{B}{a} \cos\left(\frac{B}{a}L\right) = -\operatorname{tg}\theta(0) \end{cases}$$

ou ainda

$$\begin{cases} \operatorname{tg}\left(\frac{B}{a}L\right) = -\frac{B}{a} R \frac{\theta(0)}{\operatorname{tg}\theta(0)} \simeq -\frac{B}{a} R \\ \theta(0) = \frac{C_2}{R} \operatorname{sen}\left(\frac{B}{a}L\right) \end{cases} \quad (21)$$

Se fosse $R = 0$, viria $\frac{B}{a} L = 0, \pi, 2\pi, 3\pi \ldots$ que corresponde à corda com extremidades fixas vibrando, revestivamente, na frequência fundamental, na 1.ª harmónica, na 2.ª, etc. A frequência fundamental seria $f_0 = \frac{a}{2L}$ pois $B_0 = \frac{a\pi}{L}$.

Da mesma forma a primeira harmónica seria $f_1 = \frac{a}{L}$, a 2.ª $f_2 = \frac{3a}{2L}$, etc.

Normalmente a corda vibra com várias frequências cujo doseamento depende das condições iniciais.

No problema em causa, a determinação da frequência $\frac{B}{2\pi}$ implica a resolução da equação transcendente de (21). Normalmente B é dado e pretende-se determinar o comprimento do fio (L)

$$L = \frac{a}{B} \operatorname{arc\,tg}\left(-\frac{B}{a} R\right) \quad (22)$$

$\theta(0)$ e C_2 estão relacionados pela 2.ª equação de (21) mas aqui o seu interesse é muito restrito.

Uma vez que nas realizações práticas

$$\frac{B}{a} R < 0{,}1 \text{ rad.},$$

poderemos fazer

$$L \simeq \frac{a}{B}\left(k\pi - \frac{B}{a} R\right) = k\frac{a\pi}{B} - R \quad (23)$$

$k\frac{a\pi}{B}$ representa o comprimento do fio supostos os seus extremos fixos, como vimos. Nas figuras 7 e 8 apresentamos esquemas de amplitudes Y (x) para $k = 1$ e $k = 2$, respectivamente.

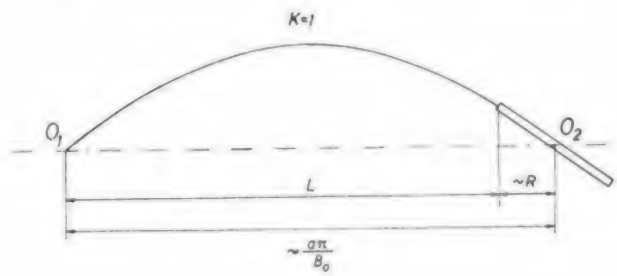


Fig. 7

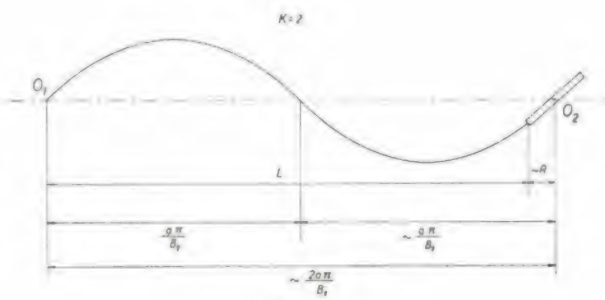


Fig. 8

Finalmente, substituindo (18) em (16), vem

$$y(x, t) = C_2 \operatorname{sen}\left(\frac{k\pi}{L+R}x\right)\cos\left(\frac{k\pi a}{L+R}t - \varepsilon\right) \tag{24}$$

equação da corda vibrante com as condições aos limites referidas.

1.4 *Dimensionamento do aparelho*

A consideração da equação (24) implica que a terceira condição aos limites (19) se verifique. É fácil imaginar-se a ligação $\overline{OO_2}$ constituída por uma barra rígida, articulada, sem energia. Nestas condições fácil é concluir que (19) é válido aplicando o princípio de Rayleigh.

Por outro lado, a fonte energética (vento) contém todas as frequências, não há nenhuma que possa ser particularmente imposta. Portanto a fonte transfere energia na frequência em que a corda estiver vibrando.

Se as frequências próprias da corda ($B/2\pi$) e do sistema elástico alavanca-fio ($\omega_0/2\pi$) forem diferentes, não haverá transferência permanente de energia para a alavanca e portanto, (verifica-se experimentalmente) não se pode admitir a expressão (19) embora o movimento da alavanca seja imposto pelo do fio.

Se as frequências próprias forem iguais ($\omega_0 = B$), então há ressonância, há transferência de energia para a alavanca e a sua amplitude, embora com tendências para aumentar indefinidamente, estaciona à volta daquela condição (19) devido à dissipação energética.

É esta última hipótese que pretendemos ver realizada, e portanto acreditamos que, aproximadamente, a teoria feita seja válida.

As experimentações efectuadas revelaram, com o auxílio do estroboscópio, que se verifica aproximadamente a condição (19) quando $B_0 = \omega_0$, em que B_0 é a frequência fundamental da corda.

O dimensionamento do aparelho é então definido pelas seguintes condições:

$$\begin{cases} \omega_0 = B_0 \\ \omega_0 = \sqrt{\dfrac{T_0 R}{I}} \quad \text{ou} \quad T_0 = \dfrac{\omega_0^2 I}{R} \\ L_0 = \dfrac{a\pi}{B_0} - R \quad \text{com} \quad a = \sqrt{\dfrac{T_0 g}{p}} \end{cases}$$

Haverá que dosear os vários parâmetros I, R, p, tendo em consideração a resistência do fio e a aplicabilidade do aparelho, além, evidentemente, da frequência de funcionamento exigida.

2. APLICAÇÃO

2.1 *Dados do problema*

Por considerações de ordem prática, tomaremos os seguintes dados:

$f_0 = \dfrac{\omega_0}{2\pi} = 400$ c/s — frequência a obter no oscilador

$I = 1{,}37 \cdot 10^{-7}$ U. M. M. m^2

$R = 30$ mm

$p = 1{,}933 \cdot 10^{-3}$ kg/m

$s = 0{,}24$ mm^2 — secção do fio correspondente ao diâmetro de 0,55 mm.

2.2 *Cálculo da tensão T_0*

Usando a fórmula (10) virá:

$$T_0 = \frac{I\,\omega_0^2}{R} = \frac{1{,}37 \times 10^{-7} \times (400 \times 2\pi)^2}{0{,}03} = 28{,}8 \text{ kg}$$

Deve verificar-se a tensão no fio:

$$\sigma_t = \frac{T_0}{s} = \frac{28{,}8}{0{,}0024} = 12\,000 \text{ kg/cm}^2$$

valor admissível para esta qualidade de aço.

2.3 *Cálculo do comprimento do fio*

Usando a fórmula (14) teremos:

$$a = \sqrt{\frac{T_0\, g}{p}} = \sqrt{\frac{28{,}8 \times 9{,}81}{0{,}00193}} = 382 \text{ m/seg}$$

Substituindo na fórmula (23) com $k = 1$, virá

$$L_0 = \frac{a\pi}{B_0} - R = \frac{382 \times \pi}{400 \times 2\pi} - 0{,}030 = 0{,}447 \text{ m}$$

Se pretendêssemos que a ressonância se desse com a 1.ª harmónica, seria $k = 2$ e

$$L_1 = 0{,}925 \text{ m}$$

sendo agora a frequência fundamental 200 c/s, etc.

3. VERIFICAÇÃO EXPERIMENTAL

3.1 *Modelo experimental do oscilador*

Construiu-se no Laboratório de Máquinas do I. S. T. um aparelho semelhante ao descrito em 1.1.

Nessa realização, a tensão da corda era garantida por meio de contrapesos. A extremidade oposta à que articulava na alavanca era prolongada por um cabo flexível que enrolava numa roldana e possuia um dispositivo de fixação dos pesos. O comprimento da zona vibrante da corda era limitado por um cursor que, evitando a transmissão da vibração ao resto da corda e do cabo flexível, permitia o seu deslizamento longitudinal. Assim se conseguiu uma certa aproximação nos valores de T_0 e de L_0.

3.2 *Frequência própria da alavanca*

A medição da frequência própria do sistema elástico alavanca-fio conseguiu-se realizar indirectamente, ligando uma massa à alavanca, de valor tal que o período de oscilação ficou suficientemente grande para ser medido ao cronómetro. A uma alavanca com o momento de inércia em relação a O_2, $I'_0 = 2{,}011 \times 10^{-3}$ U. M. M. m^2 correspondeu $f'_0 = 3{,}38$ c/s (1)

Demonstra-se fàcilmente que

$$\left(\frac{f_0}{f'_0}\right)^2 = \frac{I'_0}{I_0}$$

donde $f_0 = 409$ ciclos/seg.

O desvio em relação ao valor teórico foi de 2,25 % que poderemos considerar admissível em face das aproximações feitas.

(1) A alavanca pesava 982 gr e o seu centro de gravidade estava tão deslocado de O_2 que o ensaio teve de ser realizado com ela na posição pendular. Mas do modelo matemático do pêndulo com mola elástica

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{T_0 \cdot R}{I_0'}\theta + \frac{g}{\lambda}\theta = 0$$

em que λ é o comprimento do pêndulo simples equivalente, obteremos

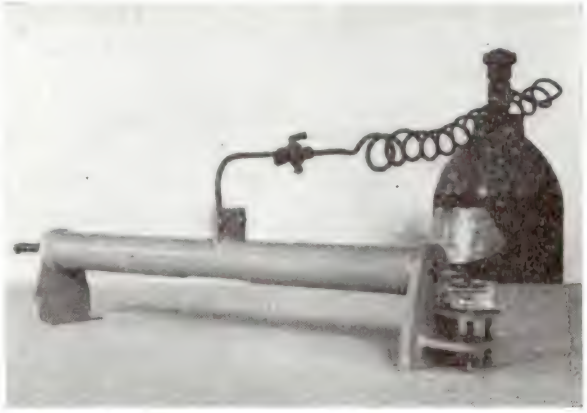
$$\omega^2 = \frac{T_0 R}{I'_0} + \frac{g}{\lambda} = \omega_0^2 + \frac{g}{\lambda}$$

e daqui também tirámos ω_0.

3.3 *Frequência própria fundamental da corda*

Não poude ser verificada directamente. Sòmente, fazendo variar L à procura da ressonância com ω_0, se determinou que esse valor se afastava do valor teórico encontrado (0,447 m) em cerca de 10 %, mas este dado não oferece garantias em face das condições precárias do ensaio.

4. MODELO DEFINITIVO DO OSCILADOR



Na fotografia poderá observar-se o modelo definitivo do oscilador, que foi construído no referido Laboratório e já se encontra instalado no Laboratório de Geologia do I. S. T.

* * *

Aqui expresso a minha gratidão ao Sr. Professor A. Gouvêa Portela, pelas indicações e esclarecimentos que, sempre com a melhor boa-vontade, me proporcionou.

BIBLIOGRAFIA

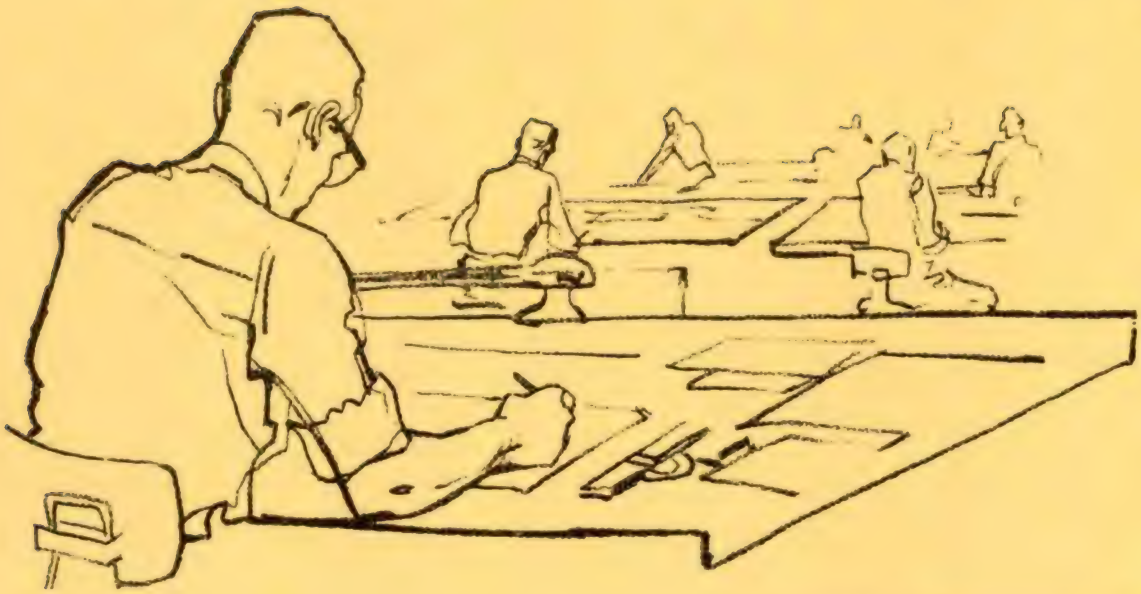
[1] A. Portela — *Apontamentos das aulas teóricas de Máquinas Alternativas* I, 2.º Livro. A. E. I. S. T. — Lisboa.

[2] A. Angot — *Compléments de Mathématiques.* Editions de la Revue d'Optique. Paris.

[3] G. Goertzel & N. Tralli — *Some Mathematical Methods of Physics.* Mc Graw-Hill Book Company, Inc.

[4] W. A. Zisman — A New Method of Measuring Contact Potential Differences in Metals — *Review of Scientific Instruments,* pag. 367 a 369, vol. 3, 1932. George Banta Publishing Company. Menasha, Wisconsin.

APA



CATERPILLAR* + S.T.E.T.

O BINÓMIO MAIS VANTAJOSO PARA QUALQUER PROBLEMA DE

MOVIMENTAÇÃO DE TERRAS

CATERPILLAR* O fabricante mais especializado, em todo o mundo, de tractores de rasto e de rodas, pás mecânicas de rasto e rodas (traxcavators*), motoniveladoras, moto-scrapers, escarificadores, "bulldozers", motores industriais e marítimos, grupos electrogéneos.

S.T.E.T.

SOCIEDADE TECNICA DE EQUIPAMENTOS E TRACTORES, L.DA

DISTRIBUIDOR EXCLUSIVO EM PORTUGAL CONTINENTAL, ILHAS ADJACENTES, CABO VERDE E GUINÉ

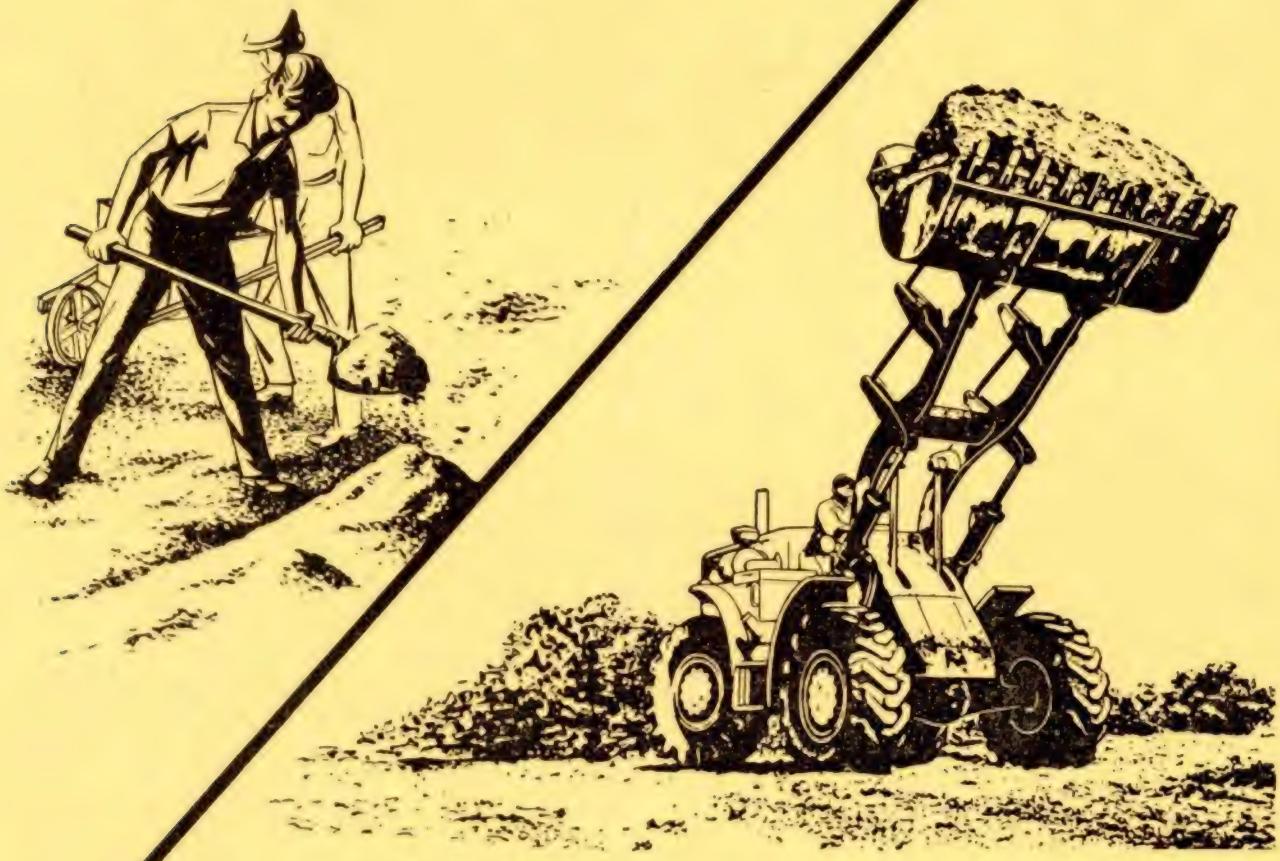
ASSISTÊNCIA – REPARAÇÕES – PEÇAS GENUÍNAS

PRIOR VELHO — SACAVÉM
TELEF.: 251 0001/4 — TELEG.: «STETRA» — APARTADO 1351
LISBOA

* «CATERPILLAR» E «TRAXCAVATOR» SÃO MARCAS REGISTADAS DE CATERPILLAR TRACTOR CO. – PEORIA, ILLINOIS – E. U. A

APA

DA PÁ
CLÁSSICA
E DO CARRINHO
DE MÃO...



...À
PÁ MECÂNICA
(TRAXCAVATOR*)
CATERPILLAR*

TODO UM CAMINHO PERCORRIDO NA PROCURA DA MELHOR REALIZAÇÃO DO TRABALHO — DA MANEIRA MAIS EFICIENTE, MAIS ECONÓMICA E MAIS LUCRATIVA — PARA UMA MELHOR SATISFAÇÃO DAS NECESSIDADES HUMANAS.

ACTUALMENTE, EM QUALQUER TRABALHO DE

cerâmicas, minas e pedreiras,

A PALAVRA DA ORDEM É

CATERPILLAR*

DISTRIBUIDOR EXCLUSIVO:

S.T.E.T.

SOCIEDADE TÉCNICA DE EQUIPAMENTOS E TRACTORES, LDA.
PRIOR VELHO — SACAVÉM
TELEF. 251 0001/4 — TELEG. «STETRA» — APARTADO 1351 — LISBOA

* «CATERPILLAR» E «TRAXCAVATOR» SÃO MARCAS REGISTADAS DE CATERPILLAR TRACTOR CO. — PEORIA, ILLINOIS — E. U. A.

C. D. U. 539.42.011.25
624.042.014.2

Princípios do cálculo à rotura em materiais homogéneos — metais dúcteis

Pelo Eng. Civil I. S. T. ARTUR RAVARA

1 — CONSIDERAÇÕES GERAIS

De um modo geral, os diversos elementos estruturais, quando sujeitos a solicitações crescentes, comportam-se de dois modos:

Numa primeira fase, elástica, a iguais acréscimos de solicitação correspondem iguais acréscimos de deformação.

A partir de certa altura, as deformações passam a aumentar muito mais ràpidamente que as tensões, tendendo mesmo para uma deformação crescente sob solicitação constante. E assim chegamos ao conceito de comportamento plástico e de deformação plástica.

A fase elástica é traduzida, matemàticamente, pela lei de Hook. O estudo das estruturas no que respeita a cálculo e dimensionamento baseia-se nela, tendo-se desenvolvido particularmente desde os fins do século XIX.

No entanto, os métodos elásticos apresentam algumas deficiências: Por um lado, as estruturas de materiais dúcteis (fase plástica acentuada) tais como o aço e o alumínio, podem sofrer deformações muito superiores às que se confinam ao limite elástico, com um correspondente aumento de solicitação. O não aproveitamento deste facto resulta muitas vezes no emprego de excesso de material, o que é sempre prejudicial do ponto de vista económico e pode sê-lo do técnico (na aviação, por exemplo, onde o factor *peso* é de grande importância).

Por outro lado, a distribuição das tensões nas peças é na prática muito irregular na fase elástica, devido à existência de fendas, chochos, furos, que tornam as secções não homogéneas.

Finalmente, o cálculo de estruturas quando baseado na lei de Hook, é, em regra, complicado.

Ora o estudo em relação à rotura, tendo em conta a fase plástica, acentuada como dissemos nos materiais que correntemente compõem as estruturas metálicas, apresenta uma resposta, pelo menos parcial, às deficiências da elasticidade. Assim, tira inteiro partido da plasticidade ; permite uma redistribuição uniforme das tensões; os métodos de cálculo que lhe são próprios, são, em geral, simples.

Por estes motivos, o cálculo em relação à rotura vem sendo estudado com particular interesse de há cerca de 15 anos para cá. No entanto a sua aplicação é ainda limitada. Aliás, essa aplicação deve ser julgada em cada caso concreto, pois depende essencialmente da deformação permitida à estrutura. Adiante se voltará a esta questão.

Procura-se, aqui, a partir do conhecimento das propriedades mecânicas do aço macio, material em que a fase dúctil é particularmente acentuada, expor os princípios do cálculo em relação à rotura, isto é, a determinação do valor máximo que podem ter determinadas solicitações actuando sobre estruturas dadas.

2 — CARACTERÍSTICAS DOS METAIS DÚCTEIS

Consideremos a fig. 1, que representa o diagrama força-deformação de um aço macio, sujeito a diversos tratamentos. No troço (AB) nota-se um comportamento perfeitamente elástico. Ao ponto *B* que normalmente não é bem definido antes corresponde a uma zona de transição, chama-se limite elástico. A partir deste ponto e até *D* o material comporta-se plàsticamente (patamar de cedência).

Esta deformação plástica é, para o aço macio, 10 a 20 vezes a máxima deformação elástica (A' B).

A partir do ponto *D*, a força sobe com a deformação, passa por um máximo (E') e depois decresce até atingir em *G* o valor de rotura. Este decréscimo final corresponde a uma rápida diminuição de secção.

O ponto de rotura corresponde a uma extensão 200 a 300 vezes superior à elástica.

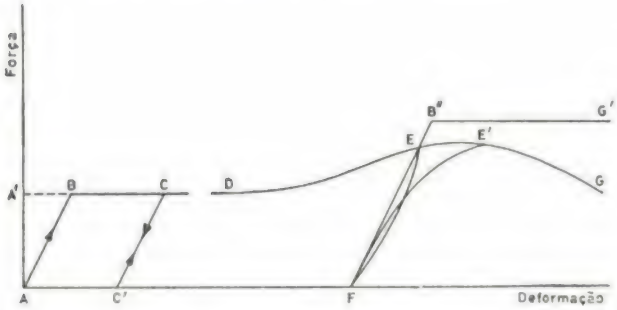


Fig. 1

Se a peça for descarregada ao atingir o estado representado pelo ponto *C*, comporta-se elàsticamente (CC'), conservando no entanto uma deformação sob carga nula (AC').

Se for novamente carregada, segue o percurso (C'C).

Na fase final, depois do patamar de fluência, se for descarregada, comporta-se como indica (EF). Novamente carregada, segue (FE'), ou seja, perde a propriedade de fluência plástica. Diz-se que o aço foi «endurecido a frio». A ausência de fluência caracteriza os aços duros.

Se, a atingir-se o estado *F*, se tivesse submetido o aço a um período de repouso, ou se tivesse recozido a 100° C, e só depois carregado, verificava-se (FB''G'), ou seja, grande elevação do limite elástico.

Podemos resumir, não só estes factos, como todos os que se verificam no tratamento do aço macio, por meio das *leis de Van Den Broek:*

1 — Quando o aço macio é tratado a frio e devidamente envelhecido ou temperado e posteriormente ensaiado no mesmo sentido do tratamento a frio, o seu limite elástico pode ser aumentado de mais de 100 %, excedendo de 10 a 20 % a tensão à qual o tratamento a frio for interrompido.

2 — Se depois de tratado for sujeito a uma solicitação segundo uma direcção diferente, o limite elástico aumenta até 50 % (é o caso de tracção seguida de torção).

3 — Se depois de tratado for sujeito a uma solicitação actuando segundo a mesma direcção mas de sentido diferente, o limite de elasticidade mantém-se, mas a carga de rotura aumenta.

4 — Quando, depois de trabalhado a frio em dada direcção ou sentido for ensaiado em seguida, sem qualquer envelhecimento ou têmpera, em qualquer outra direcção ou sentido, o limite elástico desce abaixo do valor inicial, algumas vezes até zero.

5 — Submetendo o aço tratado a frio a temperaturas entre 100° e 300° C, ou deixando-o envelhecer, ele tem tendência a aperfeiçoar as suas propriedades elásticas. A têmpera acelera simplesmente o efeito do tempo.

6 — O efeito do tratamento a frio nas propriedades elásticas do aço é uma função das extensões aplicadas durante o tratamento, e é independente das tensões desenvolvidas, verificadas durante ele.

3 — SECÇÕES SUJEITAS A SOLICITAÇÕES EM REGIME PLÁSTICO

3.1 — *Tracção e compressão*

Segundo a teoria da elasticidade, a tensão numa secção transversal duma barra sujeita a uma força axial F, é uniforme, dada por

$$\sigma = \frac{F}{S} \qquad (1)$$

Mas a distribuição dada por (1) é, na maioria dos casos, apenas aproximada da realidade. Só se verificaria para uma secção ideal, perfeitamente homogénea, sem imperfeições (chochos, fendas) e desde que a força seja perfeitamente concêntrica.

Na prática isto nunca sucede, e as tensões, cujo valor médio será o indicado na expressão (1) tem uma distribuição irregular.

Particularmente no caso de peças furadas, a lei de tensões afasta-se muito da uniforme. E como as peças furadas são frequentíssimas em construção metálica (ligações por rebites, por parafusos, etc.) a questão põe-se com muita acuidade.

Verifica-se porém que desde que as peças de metais dúcteis sejam sujeitas a solicitações de tracção que correspondam à zona plástica, a distribuição de tensões regulariza-se apesar das eventuais imperfeições das secções.

A partir da cedência dúctil a distribuição de tensões é uniforme, expressa rigorosamente por (1)

Este facto demonstrativo das vantagens do

cálculo em relação à rotura, pode ainda ser usado como guia para prevenir deformações excessivas ou a rotura.

3.2 — *Flexão devida a momento puro*

Seja uma viga rectangular metálica, dúctil, sujeita ao momento flector M. Escolhendo eixos coordenados como se indica (Fig. 2) e de acordo com as convenções sobre M e curvatura, teremos que:

$$M = 2B \int_{-H}^{H} \sigma_x \, Z dZ \qquad (2)$$

$$\varepsilon_x = \frac{1}{\rho} Z \qquad (3)$$

sendo $\frac{1}{\rho}$ a curvatura.

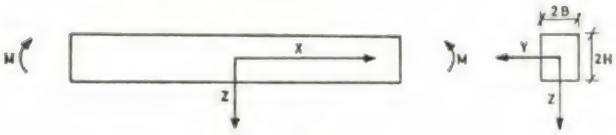


Fig. 2

Seja E o módulo de Young do material na sua fase elástica, e a tensão limite de elasticidade σ_o. Enquanto se estiver na fase elástica, será sempre

$$\sigma_x = \varepsilon_x \, . \, E = \frac{EZ}{\rho} \qquad (4)$$

e vem

$$M = \frac{4}{3} \frac{EBH^3}{\rho} \qquad (5.a)$$

Quando nas fibras extremas a tensão for σ_o o momento (elástico) será máximo; ou seja

$$M_e = \frac{4}{3} BH^2 \sigma_o \; ; \; \frac{1}{\rho_e} = \frac{\sigma_o}{EH} \qquad (5.b)$$

Suponhamos agora que o momento aumenta ainda. A distribuição das tensões passará a ser a representada na fig. 3-b e o momento correspondente será

$$M = 4B \left[\int_o^{\zeta H} \left(\frac{\sigma_o Z^2}{\zeta H} \right) dZ + \int_{\zeta H}^{H} \sigma_o Z dZ \right] =$$

$$= \frac{2}{3} \sigma_o BH^2 (3 - \zeta^2) \qquad (6)$$

Com o aumento do momento M a zona de separação entre a fase elástica e a fase plástica aproxima-se do centro até $\zeta = 0$. O momento correspondente chama-se *momento de plastificação total* M_o, a que corresponde o diagrama 3-c.

$$M_o = 2 \sigma_o BH^2 \qquad (7)$$

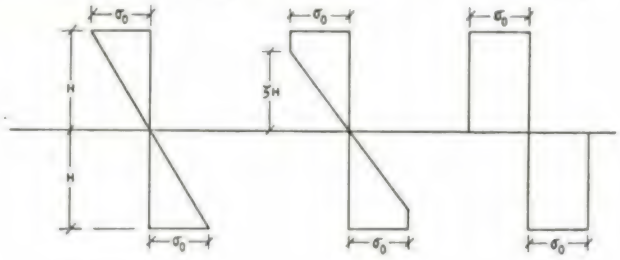


Fig. 3

Para valores de M entre M_e e M_o, as fibras extremas estão no estado plástico e poderiam sofrer grandes deformações, o que é impedido pelas fibras intermédias, a fim de a secção se conservar plana.

Considerando que

$$\varepsilon_x = KZ = \frac{\sigma_x}{E}$$

teremos

$$K_e H = \frac{\sigma_o}{E}$$

$$K \zeta H = \frac{\sigma_o}{E}$$

ou seja

$$\frac{K_e}{K} = \zeta$$

referindo K ao estado indicado na fig. 3.b.

Substituindo ζ pelo seu valor dado por (6), obtém-se

$$\frac{K}{K_e} = \left[3 \left(1 - \frac{M}{M_o} \right) \right]^{-\frac{1}{2}} \quad (8) \text{ sendo } K = \frac{1}{\rho}$$

Quer dizer, à medida que $M \rightarrow M_o$, $K \rightarrow \infty$

De facto, nos materiais reais, o momento de plastificação total M_o é atingido e mesmo excedido para uma curvatura finita.

3.3 — *Estruturas sujeitas a solicitações diversas*

Faremos agora a afirmação, fundamental em todo este estudo, e sobejamente confirmada na prática, de que o comportamento das vigas sob a acção do momento flector puro também se aplica a vigas e pórticos planos carregados por

cargas normais. Quer dizer: o esforço transverso, esforço axial e momentos de torsão não influem na capacidade de carga das vigas e pórticos.

É possível demonstrar esta afirmação, num grande número de casos práticos.

3.4 — *Tensões residuais. Esforços alternados*

Podemos agora compreender fàcilmente as leis relativas a endurecimento e aumento de elasticidade.

Seja uma viga de secção rectangular, sujeita a um momento flector M (que produz plastificação parcial ou total).

Se, após a aplicação do momento M aplicarmos à viga um momento de sinal contrário com o mesmo valor absoluto, as deformações sob este momento serão como vimos (fig. 1) elásticas correspondentes ao percurso CC'.

A soma dos diagramas das tensões é a indicada (Fig. 4), no caso de $M = M_0$.

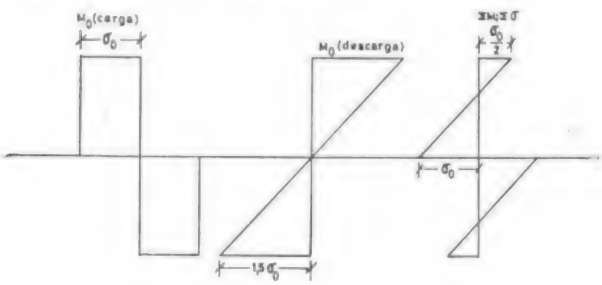


Fig. 4

Verifica-se assim que, sem que exista qualquer acção exterior aplicada à viga, esta apresenta tensões residuais que na fibra média têm o valor da tensão de cedência e nos extremos têm 1/2 deste valor.

Quer a soma das forças, quer a dos momentos aplicados nessa mesma secção ortogonal da viga, são nulas.

Carregando novamente a viga, vemos que, se as solicitações forem da direcção e sentido inicial, as propriedades elásticas vêm aumentadas. Se forem com sentido diferente, diminuídas.

De facto o diagrama resultante será a soma do que representa a tensão residual com a que representa a nova solicitação.

Um exemplo característico da utilização das tensões residuais é o das molas em hélice. Estas tensões conferem ao material, para cargas do mesmo sentido e da mesma ou menor intensidade que as que provocaram a deformação dúctil, um comportamento puramente elástico.

4 — COLAPSO PLÁSTICO. FIGURA DE ROTURA. CARGA DE ROTURA

Passamos agora ao estudo da carga de cedência plástica (ou colapso plástico) de algumas estruturas.

Para as vigas e pórticos planos, a carga de colapso depende só dos momentos de plastificação total e é independente da curvatura desenvolvida enquanto a carga é aumentada até ao seu final. Consideramos portanto materiais puramente plásticos, ou seja, com um diagrama tensão-deformação do tipo:

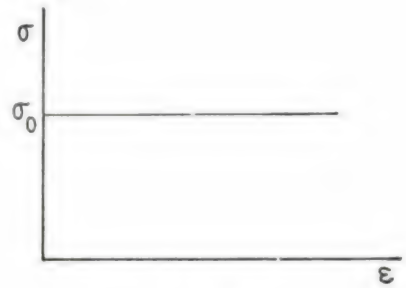


Fig. 5

A curvatura será nula para momentos menores que M_0, e poderá tomar para $M = \pm M_0$ qualquer valor.

Passamos então ao seguinte problema: Dada uma estrutura sujeita a um sistema de cargas F, determinar o valor F_0 para o qual se dará o colapso plástico.

Ex. 1 — Seja uma viga encastrada, carregada por uma força F.

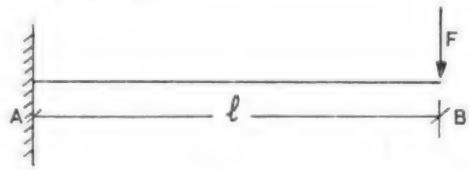


Fig. 6

Para uma carga F_1 tal que

$$M_0 = F_1 \, l \qquad (9)$$

o momento em A será M_0. E então a curvatura em A pode tomar um valor qualquer, como resulta de (8), enquanto que será nula em todos os outros pontos. Assim, a deformação consistirá

numa rotação da viga em torno de A. Dizemos que em A se forma uma RÓTULA PLÁSTICA que funciona como uma articulação.

De facto o que se forma junto do encastramento, é uma *superfície de escorregamento*, visto que a peça é tri-dimensional. No caso dum problema referido a duas dimensões teríamos um *eixo de rotura plástica*, que para o ponto se reduz à rótula plástica. No nosso estudo faremos portanto sempre esta aproximação, considerando ùnicamente rótulas plásticas.

A rótula será então rígida enquanto o momento for inferior a M_o. Para $M = M_o$, permitirá uma rotação livre na direcção do momento aplicado.

No caso presente, a carga de colapso será então

$$F_o = F_1 = \frac{M_o}{1} \qquad (10)$$

Ex. 2 — Seja o pórtico plano representado. A coluna do lado esquerdo está encastrada; a do lado direito, articulada.

Põe-se-nos portanto, 2 problemas:

— Determinação da figura de rotura.

— Determinação das cargas de rotura (entende-se aqui como rotura o colapso plástico).

O cálculo pode ser orientado do seguinte modo: calculamos os momentos aplicados, nos pontos 1, 2, 3, 4, pelas equações da estática. Visto que a estrutura é hiperestática, obteremos apenas relações entre momentos, ou sejam as EQUAÇÕES DE EQUILÍBRIO. Em seguida arbitramos vários tipos de figura de rotura prováveis (Fig. 7-c, d, e).

Calculamos, para cada figura de rotura, os momentos, que nos pontos onde se formam rótulas serão iguais ao momento de plastificação total M_0.

Em ponto nenhum o momento poderá ser superior a M_o.

No nosso caso, o sistema tem dois graus de liberdade. Obteremos duas equações de equilíbrio.

Sendo N e R as reacções vertical e horizontal no apoio fixo 5, será:

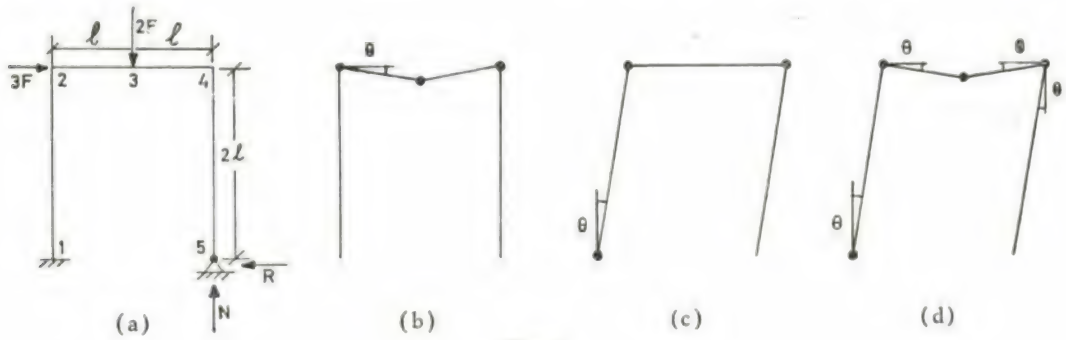


Fig. 7

Visto que só estão aplicadas forças concentradas, o diagrama de momentos será linear entre cada dois pontos e será nulo em 5 (a articulação não transmite momento flector). Os valores máximos e mínimos do momento serão portanto nos pontos 1, 2, 3, 4.

A estrutura é hiperestática do 2.º grau. Quando as cargas aplicadas atingirem um certo valor, formar-se-ão rótulas plásticas que transformarão a estrutura num MECANISMO, isto é, num conjunto com possibilidade de sofrer pequenos deslocamentos, totais ou parciais (visto que as rótulas comportam-se como articulações).

À distribuição das rótulas plásticas que transformam a estrutura em mecanismo dá-se o nome de FIGURA DE ROTURA.

$$\begin{aligned} M_1 &= 2Nl - 2Fl - 6Fl \\ M_2 &= -2Rl + 2Nl - 2Fl \\ M_3 &= -2Rl + Nl \\ M_4 &= -2Rl \end{aligned} \qquad (11)$$

Eliminando N e R, obtemos as equações de equilíbrio:

$$\begin{aligned} -M_1 + M_2 \quad M_4 &= 6Fl \\ -M_2 + 2M_3 - M_4 &= 2Fl \end{aligned} \qquad (12)$$

Entramos agora com as figuras de rotura. Façamos a convenção geral de serem positivos os momentos que tendem a abrir o pórtico e negativos os que tendem a fechá-lo. Seja $M_o > 0$.

De acordo com a fig. 7-c, os momentos serão

$$M_1 = -M_0 \; ; \; M_2 = M_0 \; ; \; M_4 = -M_0 \qquad (13)$$

Tiramos então, das equações de equilíbrio:

$$F = \frac{1}{2} \cdot \frac{M_0}{1} \qquad (14)$$

e ainda

$$M_3 = \frac{1}{2} \cdot M_0 \qquad (15)$$

Sendo a distribuição de momentos linear, não excederá portanto em nenhum ponto o valor de M_0.

Suponhamos que a figura de rotura tomada era 7-b. Será:

$$M_2 = -M_0 \; ; \; M_3 = M_0 \; ; \; M_4 = -M_0 \; ;$$

$$M_1 = -12M_0 \; ; \; F = \frac{2M_0}{1} \qquad (16)$$

M_1 excede M_0, o que indica que a figura de rotura não é aquela (como dissemos, uma rotula plástica não pode transmitir movimentos superiores a M_0).

Finalmente, seja a fig. 7-d:

$$M_1 = -M_0 \; ; \; M_3 = M_0 \; ; \; M_4 = -M_0 \; ;$$

$$M_2 = \frac{7}{4} M_0 \; ; \; F = \frac{5M_0}{81} \qquad (17)$$

Do mesmo modo, não é esta a figura de rotura real.

Notemos dois pontos importantes:

1.º — A carga de rotura real é menor que a dada nas distribuições 7-b ou 7-d. Isto sugere que, quando a carga aumenta lentamente desde o valor zero, o pórtico cede na primeira oportunidade.

2.º — Multipliquemos as distribuições de momentos devidas a 7-b e 7-d por um factor que reduza a maior momento a M_0. Teremos, no primeiro caso:

$$\frac{Fl}{M_0} = \frac{1}{12} \times 2 = \frac{1}{6}$$

No segundo

$$\frac{Fl}{M_0} = \frac{4}{7} \times \frac{5}{8} = \frac{5}{14}$$

Ambas as cargas se reduzem, ficando menores que a carga de rotura real.

Isto leva a crer que quando a carga é lentamente aumentada, o pórtico não cederá sob nenhuma carga à qual corresponda uma configuração de equilíbrio.

Estas duas propriedades definem as chamadas *estruturas inteligentes*: estrutura que não cede enquanto encontra uma configuração de equilíbrio de momentos que não excedam M_0 e que cede logo que encontra uma distribuição de momentos que a conduza a um mecanismo.

Vamos agora, retomando o problema em termos gerais, formular os teoremas relativos à localização das rótulas plásticas.

5 — TEOREMAS FUNDAMENTAIS. APLICAÇÃO

Admite-se que, num dado sistema de cargas, estas podem variar, mas mantendo entre si uma relação constante (F; 2F; 3F; WF).

A carga de rotura de uma estrutura será dada pelo valor de W que transforma a estrutura em mecanismo, total ou parcial, pela introdução de um número suficiente de rótulas plásticas.

É fácil, conhecida a *figura de rotura* de dada estrutura, para um certo sistema de cargas, determinar o valor da variável referida. A maior dificuldade do método plástico é a determinação da figura de rotura, pois em geral há mais de uma possibilidade de, com rótulas plásticas, transformar a estrutura num mecanismo. Os teoremas que serão apresentadas têm a função de orientar o critério que leva à escolha da figura de rotura real.

Os teoremas são válidos se:

— a um acréscimo de momento corresponde um acréscimo de curvatura do mesmo sinal.

— quando o momento tende para M_0, a curvatura tende a aumentar indefinidamente.

A segunda hipótese indica que, quando numa secção recta se atinge o momento de plastificação total M_0, forma-se uma rótula plástica que pode sofrer rotações de uma grandeza tanto maior quanto maior for a duração da acção do momento plástico total.

Vamos ainda admitir que o momento M_0 é uma constante para cada secção. De facto, ele é afectado quer pela existência de forças axiais e de corte, quer devido a pontos de concentração de tensões embora esses efeitos sejam, como foi já referido, muito pequenos.

Finalmente, consideramos as deformações nas estruturas, devidas à formação de rótulas, suficientemente pequenas para que as equações de equilíbrio estático permaneçam sensìvelmente as mesmas antes e depois da deformação.

Em virtude destas hipóteses, fica excluida a possibilidade de rotura antes de atingidas as respectivas cargas teóricas.

No estudo de uma estrutura pelos métodos de cálculo plástico temos que começar por definir *um estado de rotura plástica*: tal que as deformações possam continuar a aumentar enquanto as cargas aplicadas se mantêm constantes. Durante esta deformação, a distribuição dos momentos mantém-se constante.

Também, durante a deformação plástica de rotura, não pode haver mudança de curvatura numa secção recta de uma peça, excepto nas secções em que o momento flector seja igual a M_o. Nestas secções, o acréscimo de deformação durante o colapso plástico é sòmente devido às roturas. E assim chegamos ao TEOREMA DOS TRABALHOS VIRTUAIS — Durante o colapso plástico, o trabalho realizado pelas forças aplicadas é igual ao trabalho absorvido nas rótulas plásticas.

Isto resulta do facto de, durante o colapso, não haver variações de curvatura senão nas rótulas e, portanto, nenhum outro trabalho interno pode ser realizado pelos momentos flectores.

Este teorema revela-se muito útil, permitindo calcular com grande simplicidade, arbitrada uma figura de rotura, a respectiva carga.

Consideremos agora as noções de:

— *Distribuição de momentos estàticamente admissíveis* — que satisfazem as condições de equilíbrio estático de acordo com um pré-estabelecimento de forças exteriores.

— *Distribuição de momentos segura* — em que o momento de plastificação total não é excedido em ponto algum da estrutura.

A partir do que se disse sobre *estruturas inteligentes* e destas duas noções, podemos compreender fàcilmente os dois *teoremas fundamentais* do cálculo plástico:

1.° TEOREMA — Para uma dada estrutura e sistema de cargas WF, se existir uma distribuição de momentos ao longo da mesma que seja simultâneamente segura e compatível com o sistema de cargas aplicadas, (estàticamente admissível) o respectivo valor de W será menor ou igual ao valor W_r da força da rotura.

2.° TEOREMA — Para uma dada figura de rotura, o valor W será sempre maior ou igual a W_r.

— Este valor poderá ser determinado a partir do teorema dos trabalhos virtuais. Assim se determinarmos W correspondentes a todas as figuras de rotura, o menor desses valores será W_r.

Podemos sintetizar estes dois teoremas num único:

TEOREMA ÚNICO — Se para uma dada estrutura e distribuição da carga, for possível encontrar ao menos uma distribuição de momentos segura e estàticamente admissível, e nesta distribuição o momento flector for igual ao momento de plastificação total M_o num número de secções suficientes para transformar a estrutura num mecanismo, pela criação de rótulas plásticas nessas secções, a correspondente carga W será igual à carga de rotura W_r.

Estes teoremas foram formulados por Drucker, Greenberg e Prager para o caso de materiais com diagramas tensões-extensões do tipo indicado na fig. 1.

A aplicação destes teoremas ao cálculo das estruturas, actuadas por momentos puros, forças concentradas ou distribuidas, será feita do modo seguinte:

a) Estuda-se a distribuição de momentos na estrutura, e estabelece-se as respectivas equações.
b) Arbitram-se várias figuras de rotura possíveis.
c) Determina-se os momentos correspondentes às figuras de rotura;

no caso de algum destes momentos ser superior a M_o, multiplicam se todas as cargas (e momentos) por um factor que reduza o momento máximo a M_o.

d) De entre as forças de rotura assim obtidas, escolhe-se a maior e a figura de rotura correspondente. Essa força corresponde a um *limite inferior* da *carga de rotura* (W_i).

e) Aplica-se o teorema dos trabalhos virtuais às diferentes figuras de rotura arbitradas. O valor mínimo de W determinado constituirá um limite superior de W_r (W_s).

f) O valor da carga de rotura real está compreendido entre os limites determinados.

$$W_i < W_r < W_s \qquad (18)$$

Nota: Faz-se muitas vezes a generalização de afirmar que a transformação de uma estrutura em mecanismo corresponde à transformação de uma estrutura hiperstática em hipostática do 1.º grau. Tal não sucede porém, necessàriamente: a rotura pode transformar a estrutura hiperstâtica noutra hiperstática ainda, ou em hipostática de grau superior a 1. Os dois casos correspondem respectivamente à rotura parcial ou rotura com superabundância de rótulas.

1.ª *Aplicação* — Cálculo em relação à rotura de um pórtico, solicitado ùnicamente por cargas *concentradas.*

Seja o pórtico indicado na fig. 8.

$$\begin{aligned} M_1 &= M_3 + H1 + V1 - 3W1 \\ M_2 &= M_3 + V1 \\ M_4 &= M_3 - V1 - 2W1 \\ M_5 &= M_3 + H1 - V1 - 2W1 \end{aligned} \qquad (19)$$

Eliminando V e H, obtemos as equações de equilíbrio

$$\begin{aligned} 3W1 &= M_2 - M_1 + M_5 - M4 \\ 2W1 &= 2M_3 - M_2 - M_4 \end{aligned} \qquad (20)$$

Seja a figura de rotura indicada em (c). De acordo com a convenção de sinais anteriormente estabelecida, é:

$$M_1 = -M_o;\ M_2 = M_o;\ M_4 = -M_o;\ M_5 = M_o \qquad (21)$$

Substituindo em (20), obtemos:

$$W = 1{,}333\ \frac{M_o}{1} \qquad (22)$$

Podíamos, pelo teorema dos trabalhos virtuais, chegar à mesma conclusão. Assim, seria, tendo

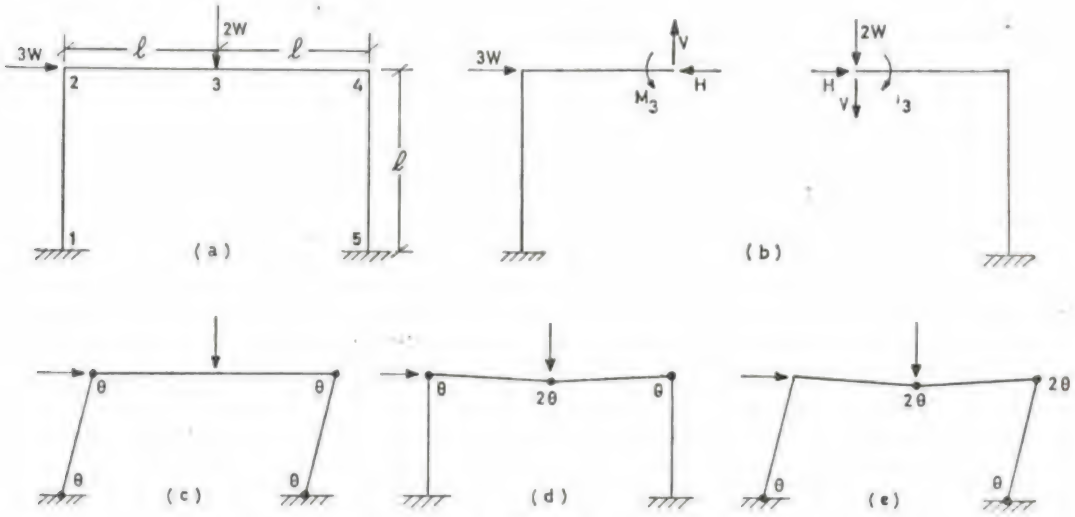


Fig. 8

Admite-se que o momento de plastificação total M_o é o mesmo para todas as secções. As figuras de rotura possíveis estão indicadas em (c) (d) (e).

Só poderão surgir rótulas plásticas nas secções 1, 2, 3, 4 ou 5, (pontos de momentos máximos).

Calculemos então o pórtico:

A partir de (b), calculamos os valores dos momentos:

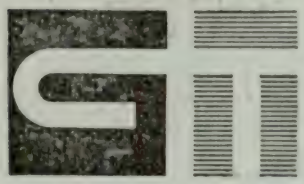
em conta o trabalho nas rótulas sempre positivo, e o trabalho efectuado pelas forças exteriores:

$$3W\theta 1 = 4M_o\theta \quad \therefore \quad W = 1{,}333\ \frac{M_o}{1} \qquad (23)$$

Substituindo na 2.ª equação de equilíbrio, temos:

$$M_3 = 1{,}333\ M_o \qquad (24)$$

CONSTRUÇÕES TÉCNICAS, LDA.



PRAÇA DO MUNICÍPIO, 13 - 3.º - LISBOA

TEL. 36 65 06

SONDAGENS • FUNDAÇÕES • TRABALHOS MARÍTIMOS
PONTES E ESTRUTURAS

SILO COM 30 m.
DE ALTURA PARA A

C. U. F. P.

•

3 000 000 Kg
12 CÉLULAS
20 METROS
10 DIAS

•

◀ ASPECTO NOTURNO DOS TRABALHOS

Empresa Ultramarina de Sondagens e Fundações, L.da

Associada: Empresa de Sondagens e Fundações

TEIXEIRA DUARTE, LDA.

SONDAGENS geológicas e geotécnicas — CAPTAÇÕES de águas subterrâneas — REBAIXAMENTOS do nível freático — CONSOLIDAÇÕES E ESTABILIZAÇÃO do solo — INJECÇÕES de cimento e outros produtos — INFRAESTRUTURAS de barragens, túneis e pontes — FUNDAÇÕES de todos os tipos

Única Empresa da especialidade com sede no Ultramar Português

Sede — LUANDA
Rua Serpa Pinto, 60
C. P. 2178 — Tel. 4226

LISBOA
P. da Figueira, 18, 3.º Esq.

L. MARQUES — C. P. 982
BEIRA — C. P. 1002

"IMPERMEÁBILIS"

O IMPERMEABILIZANTE OFICIALMENTE ACONSELHADO EM TODAS AS ARGAMASSAS DE CIMENTO

Prédios, empenas, caves. — Depósitos para água, vinhos e aguardentes. — Facultam-se certificados de ensaio dos Laboratório Nacional de Engenharia Civil e da Junta Nacional do Vinho

Distribuidor geral para todo o Império Português:

ANSELMO DE MATOS
Av. Almirante Reis, 179, r/c. - Tel. 4 64 39 - LISBOA - 1

Revendedores em Lisboa:

João Pereira Vareiro & Filhos, Lda.
Rua Augusto José Vieira, 12 - Tel. 84 74 80

Manuel Pereira Matias, Lda.
Rua de Pedrouços, 105-A - Tel. 61 11 53

Manufacturas de Cimento Fortex, Lda.
Estrada de Benfica, 727 - Tel. 70 21 75

Sequeira & Santos, Lda.
R. José Joaquim Marques, 113 - Tel. 02 61 05 - MONTIJO

Companhia Portuguesa de Trefilaria

S. A. R. L.

ARMADURAS PRÉ-FABRICADAS **MALHASOL**

Tensão de segurança 3.000 Kg/cm²

AÇO BI

Tensão de segurança 4.000 Kg/cm²

AÇOS DE ALTA RESISTÊNCIA PARA BETÃO ARMADO

que pela eficiência técnica e económica a que conduzem, são um indispensável elemento na moderna construção civil

Para qualquer obra em betão armado consulte:

DIAL — GABINETE TÉCNICO
R. DO INSTITUTO INDUSTRIAL, 18-1.º DT.º — LISBOA
TELEFONES 67 12 24/5 E 67 37 85

Sendo este valor maior que M_0 devemos multiplicar a carga de rotura determinada por um factor de redução:

$$W = \frac{1}{1{,}333} \times 1{,}333 \frac{M_0}{1} = \frac{M_0}{1} \qquad (25)$$

De acordo com o exposto, este valor será um limite *inferior* de W_r.

Considerando a figura de rotura (d), obtém-se, pelo mesmo processo

$$W = 2 \frac{M_0}{1} \qquad (26)$$

$$M_1 = -2M_0 \; ; \; M_5 = +3M_0 \qquad (27)$$

Multiplicando os valores da carga e momentos por $\frac{1}{3}$, obtemos

$$W = \frac{2}{3} \frac{M_0}{1} \qquad (28)$$

Sendo este valor inferior ao determinado na figura de rotura anterior, concluimos que subsiste o resultado da fig. (c).

Seja a figura (e). Dela se obtém fàcilmente:

$$W = 1{,}2 \frac{M_0}{1} \qquad (29)$$

$$M_1 = -M_0 \; ; \; M_2 = 0{,}6\, M_0 \; ; \; M_3 = M_0 \; ;$$
$$M_4 = -M_0 \; ; \; M_5 = M_0$$

Como nenhum dos momentos excede M_0, este valor de W será o verdadeiro limite inferior de W_r.

Por outro lado, a aplicação do teorema dos trabalhos virtuais às figuras (c), (d) e (e) conduz a:

$$\text{(c)} \quad W = 1{,}333 \frac{M_0}{1}$$

$$\text{(d)} \quad W = 2 \frac{M_0}{1} \qquad (30)$$

$$\text{(e)} \quad W = 1{,}2 \frac{M_0}{1}$$

O valor mínimo será, como dissemos atrás, o limite superior de W_r.

Portanto, sendo ao mesmo tempo limite inferior e superior W_r, conclui-se que o seu verdadeiro valor, sendo a figura de rotura real a indicada em (e), e

$$W_r = 1{,}2 \frac{M_0}{1} \qquad (31)$$

2.ª *Aplicação* — Cálculo em relação à rotura de um pórtico sobre o qual actuam cargas concentradas e *distribuidas*.

Vimos que as rótulas plásticas se formam sempre nos pontos de momento máximo. No caso de actuação exclusiva de cargas concentradas, é fácil localizar os pontos de momento máximo, e consequentemente escolher as figuras de rotura possíveis.

No caso de cargas distribuidas, embora o método geral se mantenha, surge a dificuldade derivada do facto de não conhecermos à priori a posição dos pontos de momento máximo.

Podemos resolver esta dificuldade por 2 processos:

I — *Cálculo directo:*

Aplicamos o teorema dos trabalhos virtuais, explicitamos W (x), sendo x a coordenada relativa à barra onde há dúvidas na localização da rótula. Calculamos

$$\frac{\partial W}{\partial x} = 0 \longrightarrow x \longrightarrow W_{min}$$

e ficamos a conhecer a localização da rótula (x) e a carga de rotura respectiva (W).

Este método só se pode aplicar em casos simples, quando se desconheça apenas a posição de uma rótula. Caso contrário, torna-se extremamente trabalhoso.

II — *Método das aproximações sucessivas:*

a) estabelecemos as equações de equilíbrio;
b) arbitramos várias figuras de rotura possíveis; analisamo-las pelo teorema dos trabalhos virtuais ou pelas equações da estática;
c) A partir dos resultados obtidos, escolhemos a figura de rotura mais aproximada (pelos valores limites de W);
d) a partir dos valores achados, determinamos os valores máximos dos momentos nos diversos tramos, e a sua localização. Nos

tramos em que se encontram aplicadas cargas distribuidas, podem-se dar então 2 casos:

— chegamos à conclusão que a secção de momento máximo coincide com a posição onde tinhamos arbitrado a rótula; e o cálculo está terminado;

— a secção de momento máximo não coincide com a posição arbitrada para a rótula. E podem dar-se 2 casos:

— ou o valor do momento máximo quase não excede M_o e limitamo-nos a multiplicar o valor de W pelo coeficiente conveniente, aceitando um resultado muito aproximado;

— ou o valor do momento máximo é sensìvelmente superior a M_o; então devemos refazer os cálculos, com a atribuição das rótulas nos pontos do momento máximo.

Exemplo: Seja o pórtico indicado na fig. 9.

A figura de rotura mais aproximada será portanto (e). O cálculo dos momentos e das reacções conduz a:

$$M_1 = -M_o \;;\; M_2 = 0 \;;\; M_3 = +M_o \;;$$
$$M_4 = -M_o \;;\; M_5 = M_o$$
$$H = \frac{2M_o}{l} \quad ; \quad V = 0{,}5\,\frac{M_o}{l} \qquad (31)$$

Calculamos agora o valor máximo na travessa, e a correspondente localização:

$$M_x = M_3 + V.x - \frac{\frac{2W}{2l} \times x^2}{2}$$
$$\frac{dM}{dx} = 0 \;\therefore\; x = 0{,}167\,l \qquad (32)$$

O momento máximo será então

$$M_{max} = M_3 + 0{,}167\,lV - \frac{W}{2} \times 0{,}167^2 =$$
$$= 1{,}035\,M_o \qquad (33)$$

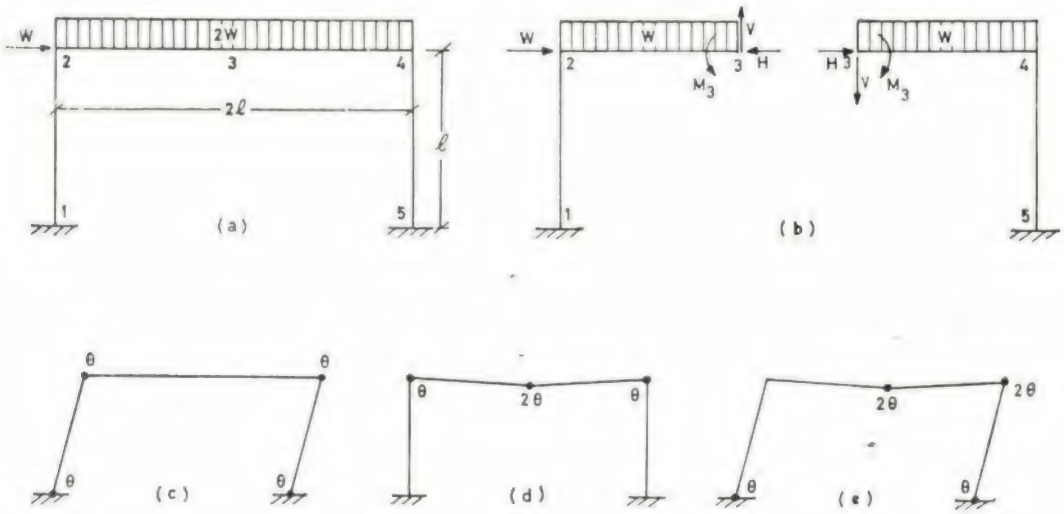


Fig. 9

Admitimos que todas as secções têm o mesmo momento de plastificação total M_o.

Arbitramos as figuras de rotura (c) (d) (e). Em (d) e (e), supomos que a rótula se forma a meio da travessa.

Aplicando o teorema dos trabalhos virtuais a (c), (d) e (e), vem:

$$(c)\; W1\theta = 4M_o\theta \;\therefore\; W = 4\,\frac{M_o}{l}$$
$$(d)\; W1\theta = 4M_o\theta \;\therefore\; W = 4\,\frac{M_o}{l} \qquad (30)$$
$$(e)\; 2W1\theta = 6M_o\theta \;\therefore\; W = 3\,\frac{M_o}{l}$$

Este valor é muito aproximado de M_o ($\pm 3\,\%$). O resultado é portanto satisfatório.

Querendo aplicar o processo de cálculo directo, será (fig. 10).

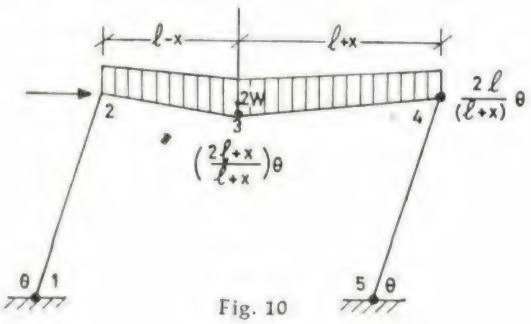


Fig. 10

O abaixamento do ponto 3 foi $(1 - x)\ \theta$; o trabalho das forças verticais aplicadas foi $(W\ (1 - x)\ \theta$. O da carga horizontal foi $W1\theta$. A soma dos dois é $W\theta\ (2\,l - x)$. Temos pois:

$$W\theta\ (2\ 1 - x) = 2 \left(\frac{3\ 1 + x}{1 + x} \right) . M_o . \theta$$

$$W = 2\ M_o \frac{3\ 1 + x}{(2\ 1 - x)\ (1 + x)} \tag{34}$$

O valor de x que torna W mínimo é

$$x = 0{,}16\ 1$$

para o qual

$$W_r = 2{,}96\ \frac{M_o}{1} \tag{35}$$

É este portanto o resultado correcto.

BIBLIOGRAFIA

— Limit Design of Beams and Frames — Greenberg and Prager

— Theory of Limit Design — Van Den Broek

— Plastic Analysis of Structures (Mc Graw-Hill, 1959) — Hodge.

Simpósio sobre a utilização de computadores em engenharia civil

O Simpósio decorreu em Lisboa, no Laboratório Nacional de Engenharia Civil, de 1 a 5 de Outubro de 1962.

Foi precedido por um curso sobre o emprego de computadores em Engenharia Civil, organizado pelo L. N. E. C. e patricionado pela comissão científica da N. A. T. O. que decorreu de 16 a 30 de Setembro.

Este Simpósio foi organizado pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil e patrocionado pelas seguintes entidades :

R. I. L. E. M.— Reunião Internacional dos Laboratórios de Ensaio e Pesquisas sobre Materiais e Estruturas

A. I. P. C. — Associação Internacional de Pontes e Estruturas

I. F. I. P. — Federação Internacional dos Organismos de Tratamento da Informação.

Participaram no Simpósio representantes de 23 países: Alemanha, Grã Bretanha, Argentina, Bélgica, Brasil, Bulgária, Canadá, Dinamarca, Espanha, Estados Unidos, França, Grécia, Hungria, Itália, Japão, México, Noruega, Polónia, Portugal, Suécia, Suíça, Turquia e República Árabe Unida num total de 140.

Programa das sessões : Pontos principais de discussão

1.ª Sessão

Pontos de discussão :

— método de resolução dos tipos de sistema de equações ligados à formulação de problemas estruturais
— vantagens e inconvenientes do método geral matricial de cálculo de estruturas em face dos métodos peculiares nos diferentes tipos de estruturas
— intercâmbio de progrmas entre instituições interessadas em problemas de cálculo automático
— vantagem da programação ARGOL para o intercâmbio de progamas

2.ª Sessão

Pontos de discussão :

— método geral do cálculo de cascas
— aplicação do método das diferenças finitas ao estudo de cascas; dimensões de malhas; vantagens e inconvenientes da correcção do Prof. Fox
— erros nas condições aos limites e no interior do domínio, no método das diferecças finitas.

3.ª Sessão

Pontos de discussão :

— método gerais de cálculo de barragens arco; trial-load, aplicação da teoria das cascas, método dos elementos finitos.
— vantagens e inconvenientes de uns métodos em relação aos outros
— grau de aproximação e natureza dos erros nos diferentes métodos
— possibilidade de aplicação das equações gerais da elasticidade ao cálculo das barragens.

4.ª Sessão

Pontos de discussão :

— métodos de cálculo de pontes suspensas; comportamento não linear do cabo de suspensão
— problemas de convergência de soluções em estruturas não lineares
— vantagens e inconvenientes dos métodos de diferenças finitas e dos elementos finitos na resolução dos problemas da teoria da elasticidade.

5.ª Secção

Pontos de discussão :

— fórmulas de cálculo de placas tendo em conta a rigidez de torsão
— critério de rutura do betão armado
— teoria das linhas de rutura de Johansen.

6.ª Sessão

Pontos de discussão :

— vantagens e inconvenientes da integração «passo a passo» em relação à análise modal, no estudo dos problemas dinâmicos
— análise de erros nos 2 métodos
— aplicação da integração «passo a passo» a sistemas não lineares
— amortecimento das estruturas.

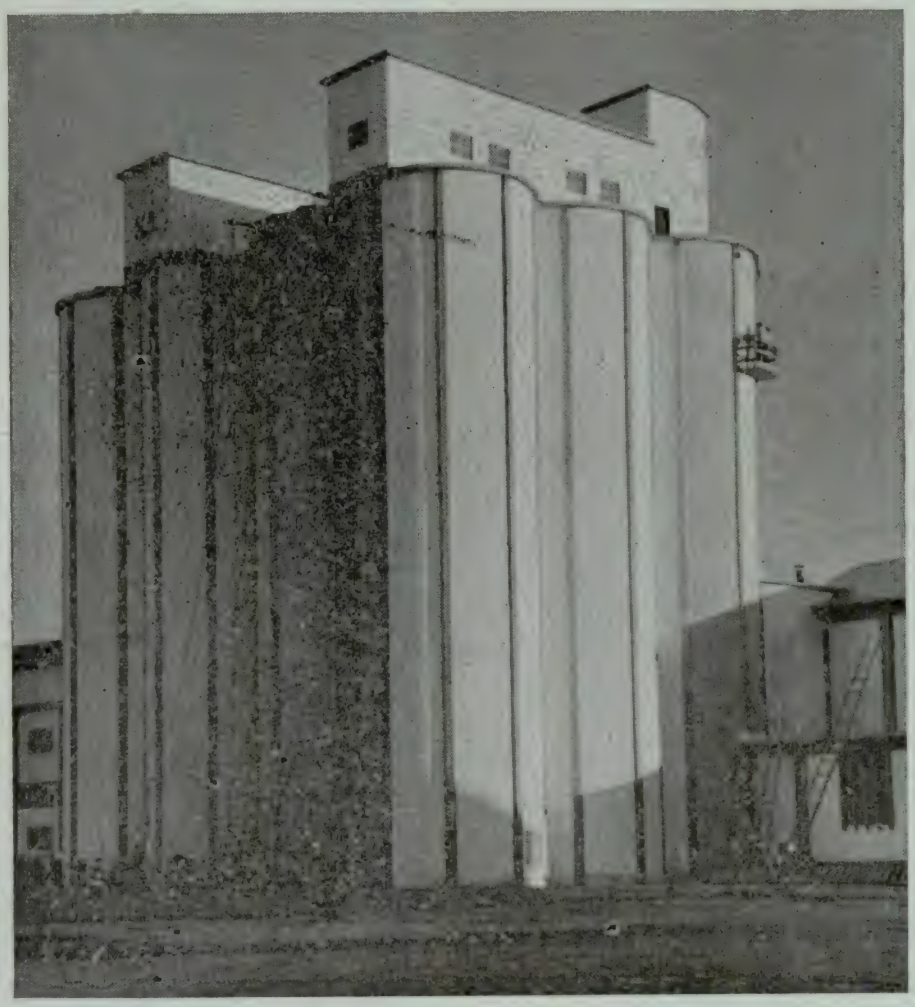
7.ª Sessão

Pontos de discussão :

— soluções analíticas e globais do problema apresentado na comunicação n.º 70
— ondas de Mach em descarregadores
— métodos de matrizes de transmissão no cálculo de estruturas; métodos de Falk e Vlassov; enquadramento nos métodos matriciais gerais de análise de estruturas.

BATERIA DE 12 SILOS
2.500.000 Kg.

para a Fábrica de Descasque de Arroz da Cooperativa T. P. A. do Vale do Sorraia



BATERIA DE 12 SILOS CILÍNDRICOS — ALTURA TOTAL: 27,60 M
Fotografia da bateria em conclusão

PROJECTO E CONSTRUÇÃO DE

AGRO-MECÂNICA, LDA.

Rua Rodrigo da Fonseca, 62, r/c Dt.º — LISBOA 1

Licenciados em exclusivo para o emprego dos moldes deslizantes sistema
«SIEMCRETE»
Assistência técnica de SIEMENS - BAUUNION G. m. b. H. (Munique)

TAQUEÓMETRO AUTOREDUTOR RDS

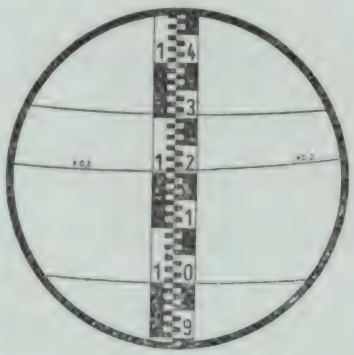
PARA MIRA VERTICAL COM BASE EXTENSÍVEL

Especialmente apropriado para levantamentos de terrenos acidentados e com muitos detalhes

WILD
HEERBRUGG

PRECISÃO DE MEDIDA

das distâncias: 10 a 20 cm em 100 m
dos desníveis: 5 a 20 cm em 100 m



RETÍCULO COM 3 CURVAS:

Inferior — Círculo de Base
Média — Traço Altimétrico
Superior — Traço Estadimétrico

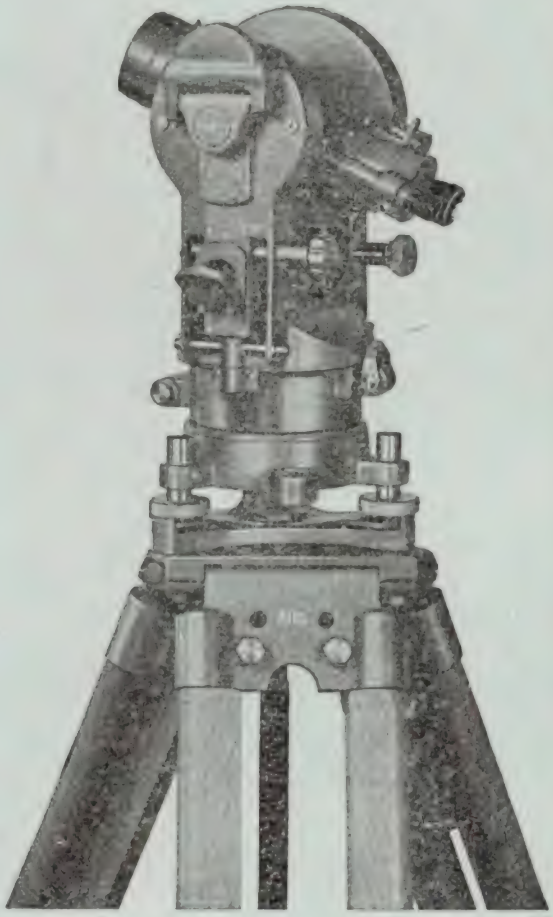


Imagem directa (não invertida) com campo de observação livre e sem obstáculos

Bengala de prumo adaptável ao tripé com escala para leitura da altura do tripé

Solicitem catálogo ou demonstração aos

REPRESENTANTES EXCLUSIVOS

WILD PORTUGAL, LDA.

PRAÇA DAS ÁGUAS LIVRES, 8, S/L 6
LISBOA-2 — TELEF. 68 11 27

C. D. U. 624.042 : 624.073

Cargas transmitidas pelas lajes armadas em cruz às vigas que as suportam

(Método das bissectrizes)

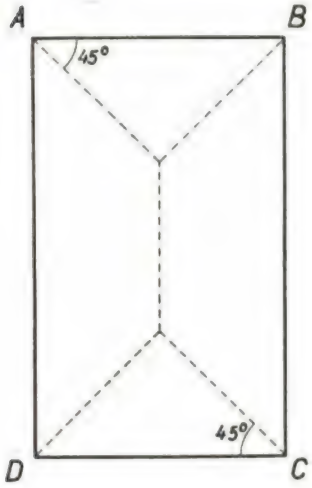
FERNANDO JOSÉ SILVA DE MENDONÇA
Eng.º Civil (I. S. T.)

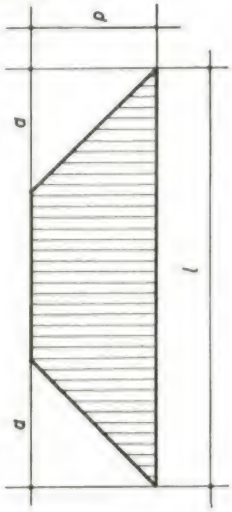
Para o cálculo das vigas que servem de apoio às lajes armadas em cruz, está muito generalizado o método aproximado de determinação das cargas transmitidas pelas lajes, que chamaremos das bissectrizes e que é preconizado pelos regulamentos alemão e austríaco. Consiste ele em admitirmos que as cargas transmitidas por as referidas lajes às vigas são as parcelas trapezoidais e triangulares obtidas tirando pelos vértices das lajes, bissectrizes aos ângulos formados pelas vigas.

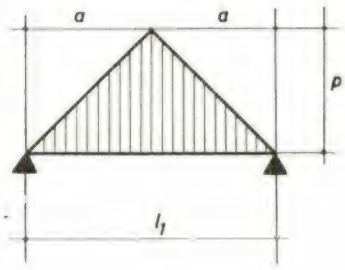
Este método tem no entanto a desvantagem de oferecer um cálculo relativamente moroso.

Muitos calculistas procuram contornar o inconveniente citado baseando o seu cálculo em rectângulos de carga com alturas tais que produzam momentos sensìvelmente iguais aos que se obteriam com as cargas triangulares e trapezoidais.

Surgiu-nos a ideia de procurar encontrar um coeficiente de utilização prática, que permitisse empregar os diagramas de carga trapezoidais e triangulares como se eles fossem rectangulares. É esse o objectivo que pretenderemos atingir com as tabelas que apresentaremos, indicadas para o caso de sustentação que consta nas mesmas.







Consideremos uma laje armada em cruz de vãos l e l_1, suportada pelas vigas AB, BC, CD e DA que admitiremos serem simplesmente apoiadas.

Tiremos pelos vértices linhas a 45° de modo a definirem-se os trapézios e os triângulos indicados na figura junta.

O momento a meio vão nas vigas BC e AD, não entrando em linha de conta com o seu peso próprio, será:

$$M_{l/2} = \frac{P}{24}(3\,l^2 - 4\,a^2)$$

Se tivermos uma carga rectangular com uma altura igual a $\frac{l_1}{2}$ o momento a meio vão nas mesmas vigas seria:

$$M_{l/2} = \frac{P\,l^2}{8}$$

Estabeleçamos a seguinte igualdade, introduzindo a constante K:

$$\frac{P}{24}(3\,l^2 - 4\,a^2) = \frac{K\,Pl^2}{8}$$

$$3\,l^2 - 4\,a^2 = 3\,Kl^2$$

se fizermos $Z = l/l_1$ e uma vez que $a = l_1/2$, teremos:

$$3\,(Z\,l_1)^2 - 4\left(\frac{l_1}{2}\right)^2 - 3\,K\,(Z\,l_1)^2 = 0$$

$$3\,Z^2\,l_1^2 - l_1^2 - 3\,K\,Z^2\,l_1^2 = 0$$

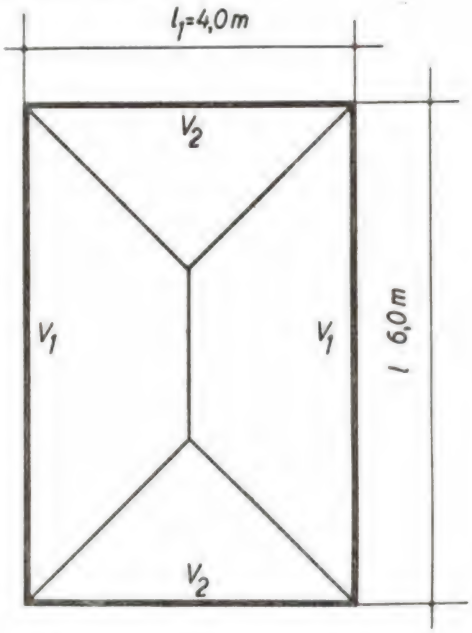
$$K = \frac{3\,Z^2 - 1}{3\,Z^2}$$

Se procedermos de maneira idêntica admitindo outros graus de encastramento para as vigas, obteremos expressões análogas que nos permitirão elaborar a tabela que apresentamos a seguir e de cuja aplicação prática ilustraremos com um exemplo.

Exemplo de aplicação:

Seja uma laje rectangular com os vãos teóricos de 4,0 m e 6,0 m, sujeita a uma carga de 1,0 ton/m² e suportada por 4 vigas simplesmente apoiadas.

Determinaremos os máximos momentos flectores e as reacções de apoio.



1 — *Vigas V_1*

a) — *Características*

$$l = 6{,}0 \text{ m}$$
$$b = 0{,}30 \text{ m}$$
$$H = 0{,}60 \text{ m}$$
$$z = \frac{l}{l_1} = 1{,}5$$
$$n = 0$$

b) — *Cargas actuantes*

		P_1	P_2
Peso próprio — 0,30 × 0,60 × 2.500 =		450	450
Reacção da laje	$1.000 \times \frac{4}{2} \times 0{,}852 = 1.704$		–
	$1.000 \times \frac{4}{2} \times 0{,}667 =$	–	1.334
		2.154 kg/ml	1.784 kg/ml

c) — *Momento flector a meio vão*

$$M = p_1\,\frac{l^2}{8} = 2.154 \times \frac{6^2}{8} = 9.700 \text{ kg} \times \text{m}$$

d) — *Reacção de apoio*

$$T = p_2\,\frac{l}{2} = 1.784 \times \frac{6}{2} = 5.352 \text{ kg}$$

2 — *Vigas V_2*

a) — *Características*

$$l = 4{,}0 \text{ m}$$
$$b = 0{,}30 \text{ m}$$
$$H = 0{,}60 \text{ m}$$
$$Z = 1{,}0 \text{ (em virtude da carga ser triangular)}$$
$$n = 0$$

l = maior vão da laje
l_1 = menor vão da laje
q = carga da laje por unidade da área
K = constante tirada das tabelas

Será :

$p_1 = q \times l_1/2 \times k_M$ (carga fictícia por metro linear, transmitida pela laje à viga, para efeito de cálculo dos momentos flectores)

$p_2 = q \times l_1/2 \times k_R$ (idem para o cálculo das reacções de apoio).

GRAUS DE ENCASTRAMENTO	Caso de sustentação	$Z = l/l_1$										
		Carga △ 1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,30	1,40	1,50	1,60	1,80	2,00
		MOMENTOS A MEIO VÃO										
$n = 0$ (apoio simples)	$[M_A = M_B = 0]$ $M_{l/2} = pl^2/8$	0,667	0,698	0,725	0,748	0,769	0,803	0,830	0,852	0,870	0,897	0,917
$n = 1/4$	$[M_A = M_B = -pl^2/48]$ $M_{l/2} = pl^2/9,6$	0,675	0,706	0,733	0,757	0,777	0,811	0,838	0,859	0,877	0,903	0,922
$n = 3/10$	$[M_A = M_B = -pl^2/40]$ $M_{l/2} = pl^2/10$	0,677	0,709	0,736	0,759	0,780	0,813	0,840	0,861	0,879	0,905	0,923
$n = 1/3$	$[M_A = M_B = -pl^2/36]$ $M_{l/2} = pl^2/10,3$	0,679	0,710	0,737	0,761	0,781	0,815	0,841	0,863	0,880	0,906	0,924
$n = 1/2$	$[M_A = M_B = -pl^2/24]$ $M_{l/2} = pl^2/12$	0,688	0,719	0,747	0,770	0,790	0,824	0,850	0,871	0,887	0,912	0,930
$n = 9/14$	$[M_A = M_B = -pl^2/18,7]$ $M_{l/2} = pl^2/14$	0,698	0,730	0,758	0,781	0,801	0,834	0,860	0,880	0,896	0,920	0,936
$n = 3/4$	$[M_A = M_B = -pl^2/16]$ $M_{l/2} = pl^2/16$	0,709	0,741	0,769	0,792	0,812	0,845	0,870	0,889	0,905	0,927	0,942
$n = 5/6$	$[M_A = M_B = -pl^2/14,4]$ $M_{l/2} = pl^2/18$	0,719	0,752	0,780	0,803	0,823	0,855	0,879	0,898	0,913	0,935	0,949
$n = 1$ (encastramento perfeito)	$[M_A = M_B = -pl^2/12]$ $M_{l/2} = pl^2/24$	0,750	0,784	0,812	0,836	0,856	0,886	0,909	0,926	0,939	0,957	0,969
		MOMENTOS NOS APOIOS										
(a)	Ver $[M_A = M_B = \ldots]$	0,625	0,655	0,681	0,704	0,725	0,761	0,791	0,815	0,835	0,867	0,891
		REACÇÕES DOS APOIOS										
(a)	$R_A = R_B = pl/2$	0,500	0,524	0,546	0,565	0,584	0,616	0,643	0,667	0,688	0,722	0,750

(a) — As constantes são comuns a todos os graus de encastramento

Nota : — Para as cargas triangulares deverá tomar-se sempre $n = 1$ seja qual for a relação entre os vãos.

b) — *Cargas actuantes*

			P_1	P_2
Peso próprio	$0{,}30 \times 0{,}60 \times 2.500$	=	450	450
Reacção da laje	$1.000 \times \frac{4}{2} \times 0{,}667$	=	1.334	–
	$1.000 \times \frac{4}{2} \times 0{,}500$	=	–	1.000
			1.784 kg/ml	1.450 kg/ml

c) — *Momento flector a meio vão*

$$M = p_1 \frac{1^2}{8} = 1.784 \times \frac{4^2}{8} = 3.790 \text{ kg} \times \text{m}$$

d) — *Reacção de apoio*

$$T = p_2 \frac{1}{2} = 1.450 \times \frac{4}{2} = 2.900 \text{ kg}$$

ASEA

a maior fábrica de equipamentos eléctricos industriais da Europa Setentrional

Representada em Portugal pela

ASEA ELÉCTRICA L.DA

SEDE EM LISBOA:

RUA DE ARTILHARIA UM, 104, 4.º-DT.º

TELEFONES: P. P. C. 68 90 17/8/9

FILIAL NO PORTO:

RUA DO CAMPO ALEGRE, 144 • TELEFS.: P.P.C. 62106/7

END. TELEG.: "ASEAPORT"

BOMBAS

Se tem um problema de bombas, consulte

VASCO PESSOA, LDA.

Rua da Boavista, 63

LISBOA

Cálculo de Pórticos

Método de cálculo simples e rápido, entrando em linha de conta com o deslocamento dos nós

POR

G. KANI

Tradução do Eng.º Aníbal S. A. Vieira

Edição da TÉCNICA

PREÇO 50$00

Desconto aos Assinantes: 10 %

GUIA DE ANÁLISE QUÍMICA DAS ÁGUAS

pelo Prof. Herculano de Carvalho

Preço 90$00

Tabelas para o Cálculo de Betão Armado

por Fernando Vasco Costa

4.ª edição revista e aumentada pelo autor e por João d'Arga e Lima

Preço 140$00

TOPOGRAFIA GERAL

pelo Eng.º A. C. Xerez

1.º Volume — 2.ª edição revista e aumentada

Preço de cada volume 150$00

MANUAL DE HIDRÁULICA

pelo Eng.º Armando C. Lencastre

Preço 150$00

Dicionário de Unidades e Tabelas de Conversão

Pelo Eng.º Vasco Costa e Osvaldo Francês

Preço 35$00

Pedidos à "Técnica"

Desconto: 10 % aos assinantes

DO MUNDO TÉCNICO

C. D. U. 624.014.27

Vigas de alma vazada

(Compilação de artigos publicados na revista «Acier-Stahl-Steel»)

É um facto de que a construção metálica tem encontrado dificuldades no campo da concorrência de preços, devido por um lado ao aumento do preço do aço e por outro ao enorme desenvolvimento das construções pesadas, da normalização crescente e muito vasta das instalações de estaleiro, introduzindo nestes processos de fabricação seguindo a técnica das oficinas.

No que diz respeito ao emprego de estruturas metálicas de vigas de alma cheia viu-se que este género de construções não podia competir, a não ser muito dificilmente, com a construção em betão.

Os esforços feitos para criar construções resistentes, leves e económicas, datam já de antes da guerra. Nessa época realizaram-se vigas de aço de alma vazada, mas elas só tiveram um limitado sucesso no mercado por causa do seu preço de custo muito elevado.

Qual a razão de tal facto ?

A execução das vigas de alma vazada compreende 2 fases principais :

a) Partindo de uma viga de alma cheia, fazem-se os cortes seguindo determinada orientação pré-estabelecida.

Instalação de soldadura. Junção das vigotas

Fig. 1

b) Construção da viga definitiva com ou sem intercalação de elementos suplementares na alma.

Ora até aqui estes trabalhos eram executados manualmente. O recorte fazia-se por etapas: primeiro segundo as linhas paralelas, depois segundo as diagonais, a não ser que se utilizassem bitolas. Estes trabalhos só poderiam começar depois da linhas de recorte terem sido traçadas e escorvadas sobre a alma da viga. As bitolas apenas dificilmente permitiam um trabalho exacto e só se a viga fosse apresentada rigorosamente direita.

Novas bitolas eram necessárias para cada traçado e para cada peça. Para as vigas um pouco compridas a bitola devia comportar vários troços que se deslocavam à medida que a marcação decorria.

Era pois todo este moroso processo que encarecia estas vigas.

Hoje porém as coisas mudaram de feição : uma firma alemã construiu aparelhos automáticos que cortam em zigue-zague segundo uma orientação dada, ao maçarico e sem interrupção, vigotas de todos os perfis normais, de abas largas ou do tipo europeu. O dispositivo de recorte automático desloca-se sobre 3 vigotas colocadas paralelamente umas às outras sobre o banco de trabalho. Neste aparelho, que é munido de um grupo de agulhetas, queima-se acetileno ou hidrogénio e o seu serviço é assegurado por um operário especializado que controla a marcha do corte. Segundo a espessura da alma a cortar a velocidade de avanço é de 40 a 50 cm por minuto. Como as três vigotas são recortadas ao mesmo tempo, esta velocidade corresponde a 120 a 150 cm por minuto.

No caso de haver necessidade poderá recortar-se 5 vigas ao mesmo tempo. Os aparelhos automáticos são controlados de maneira a realizar o traçado que é imposto pelas condições de resistência estática procuradas.

Juntando as duas metadas da vigota obtém-se um perfil mais elevado e portanto mais resistente apesar do peso ser sensìvelmente o mesmo.

Durante muito tempo também a junção necessitou de grandes manipulações e principalmente muito caras. Para reunir as duas metades de um perfil PN 40 de 15 m de comprimento era preciso recorrer a dois homens e este trabalho demorava 3 horas e meia aproximadamente.

Os fretes de mão-de-obra e os fretes acessórios reduziam de tal maneira as economias previstas que tantas esperanças tinham feito nascer quando da sua aparição em 1930 que não conseguiram impor-se como elemento corrente de esqueleto metálico.

Foi só depois de se conseguir desenvolver os aparelhos automáticos de corte já citados que o problema ficou definitivamente resolvido pois que se suprimiram os fretes de união das vigas. As vigas cortadas automáticamente em duas metades são depois soldadas ou à mão por processos semi-automáticos ou por processos completamente automáticos.

Ensaios de carga executados na Universidade de Darmstadt mostraram que os momentos de inércia

QUADRO I — *Comparação das caracteristicas entre vigas de alma vazada e alma cheia*

Vigas de alma vazada	Altura	Peso por m	Momento de inércia I_x (cm⁴)	W_x (cm³)	Perfil	Peso por m	I_x (cm⁴)	Perfil	Peso por m	$W_x = \frac{I_x}{v}$
IWS 30	620	60,6	49 500	1600	I 47,5	128	56 480	I 42,5	104	1740
IWS 32	660	67,8	63 000	1910	I 50	141	68 740	I 45	115	2040
IWS 34	700	75,0	78 500	2240	IP 45	182	84 220	I 47,5	128	2380
IWS 36	700	81,5	87 800	2500	IP 47,5	185	95 125	IP 36	150	2680
IWS 40	820	101,0	139 000	3310	I 60	199	139 000	IP 42,5	166	3270
IWS 42 5	800	112,0	153 000	3830	IP 60	227	185 800	IP 45	182	3740
IWS 45	850	125,0	194 000	4560	IP 65	234	216 800	IP 50	200	4530
IWS 42	850	140,0	211 000	5970	IP 65	234	216 800	IP 55	207	5100
IWS 50	900	153,0	260 000	5790	IP 70	254	270 300	IP 60	227	6030

Primeira realização europeia duma estrutura em vigas de alma vazada: a fábrica Ewald Meiler em Kemnath, na Baviera.

Fig. 2

reais passam de 10 % os valores dados pelo cálculo. Além da economia de peso que pode atingir 50 % em relação aos perfis de alma cheia, os perfis de alma vazada apresentam outras vantagens tais como: as superfícies a pintar são reduzidas às vezes até 65 %; economia dos fretes de transporte da ordem dos 50 % devido à redução do peso; etc.

Até sob o ponto de vista arquitectónico a viga de alma vazada apresenta melhor aspecto.

As possibilidades de aplicação são muito numerosas, por exemplo nos esqueletos dos guindastes, nos grandes reservatórios, nos grandes armazéns enfim em todos os grandes volumes ou superfícies cobertas.

Pela criação dos aparelhos automáticos de corte e de união, a construção metálica é assim posta de posse de novos elementos de construção que a ajudarão a edificar as obras em condições de poder competir com os outros materiais.

BIBLIOTECA
FICHEIRO

Classificadores responsáveis:

J. M. Viegas Gonçalves, A. Romão Dias J. F. Gomes de Pina, F. G. Knopfli Batoréu, R. Gentil Berger e J. L. F. Sousa Oliveira

---

Recortar as indicações bibliográficas que formam uma ficha e estão encimadas por CDU (Classificação Decimal Universal).

Colar cada referência num pequeno rectângulo de cartolina de 75 × 125 mm.

Ordenar pelos índices decimais, *começando da esquerda para a direita*, independentemente do número de algarismos que o índice contiver, e respeitando a seguinte regra de arrumação dos sinais auxiliares:

+ / n.os simples : [ ] = (01/09) (1/9) (=) " "A/Z — .0 .00

Consultar, em casos duvidosos, a exemplificação inserida na «Técnica» n.º 218 e seguintes, ou recorrer à Biblioteca da A. E. I. S. T.

Notar que a inserção das fichas nesta publicação respeita a ordem correcta, no intuito de a esclarecer o mais possível.

A comodidade de possuir no próprio local de trabalho um arquivo ordenado e de fácil consulta sobre assuntos que se sabe onde existem, é uma das evidentes vantagens de um ficheiro classificado segundo a CDU.

Os assuntos de que estas fichas são referência ficam patentes à consulta a partir desta data.

LIVROS

669.35.725

Beryllium Copper — *Copper Development Association.*
Março — 1958, vol. 1, tomo 1, págs. 61.

C. D. U. 744

Trade Draughtsmanship — *A. Edward Harvey.*
1959, vol. 1, págs. 136.

ARTIGOS DE REVISTAS

C. D. U. 061.5 (494.42) 621.039

A energia atómica nos ateliers des Charmilles S. A. Genebra.
Suíça Técnica, 1961, vol. 1, pág. 37-38.

C. D. U. 164 : 512

El Algebra de las funções lógicas de los dispositivos de conmutacion con transistores — *A. F. Trocóniz.*
Dyna, 1-1962, vol. 37, n.º 11, pág. 590-596.

C. D. U. 530.12 : 531.51

New Conception of the Gravitational Field — *A. M. Brodskii, D. Ivanenko, H. A. Sokolik.*
Acta Physica, 1962, vol. 14, n.º 1, pág. 21-25.

C. D. U. 532.517.4
532.532 : 532.533.5

Descarregadores de lâmina livre. Bases para o seu estudo e dimensionamento — *A. Lencastre.*
Memória n.º 174 — LNEC, 1961, pág. 137.

C. D. U. 532.532
532.533
532.528

Soleiras Descarregadoras. Alguns problemas especiais — *F. M. Manzanares Abecassis.*
Memória n.º 175 — LNEC, 1961, pág. 108.

C. D. U. 534.84

Falando de acústica — *A. de Oliveira Correia.*
Binário, 1-960, n.º 16, pág. 17-22.

C. D. U. 537.226.3

Absorption in Mehrschichtingen Isiolationen — *Gy. Vajda.*
Acta Tecnica, 1960, vol. 31, n.º 3/4, pág. 269-279.

C. D. U. 537.322.1 : 621.315.59

Applications of the Peltier Effect — *J. G. Parrott, A. W. Penn.*
A. E. I. Engineering, 7-8-962, vol. 2, n.º 4, pág. 202-207.

C. D. U. 552.5 (469.322.27)

Estudo geológico e petrográfico da área tifónica de Soure — *C. Romariz.*
Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal, 1960, vol. 44, pág. 219.

C. D. U. 553.4 (469.202)

Petrology and Ore Geology of the Vila Real — Sabrosa — Vila Pouca de Aguiar Region, Northern Portugal — *A. H. Brink.*
Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal, 1960, vol. 43, pág. 143.

Aglomerado Negro de Cortiça

... o isolante mundialmente preferido

na construção moderna.

ISOLAMENTOS

TÉRMICOS · ACÚSTICOS E VIBRÁTICOS

ISOLA

SOC. COM. de ISOLAMENTOS de CORTIÇA, LDA.
Av. António Augusto de Aguiar, 17 - Lisboa
TEL: 47824-41697

SOCIEDADE DE CONSTRUÇÕES AMADEU GAUDENCIO

ESCRITÓRIO
E OFICINAS
R. ALEXANDRE
BRAGA, 4-A
LISBOA

ARQUITECTURA
E ENGENHARIA

TELEFONES:
P.P.C.A. 43191-43192-43193

END. TELEGRÁFICO:
«CONSTRUÇÃO»

- CONSTRUÇÕES CIVIS
- BETÃO ARMADO E PRE-ESFORÇADO
- CARPINTARIA MECÂNICA
- TRABALHOS DE PINTURA E ESTUQUES

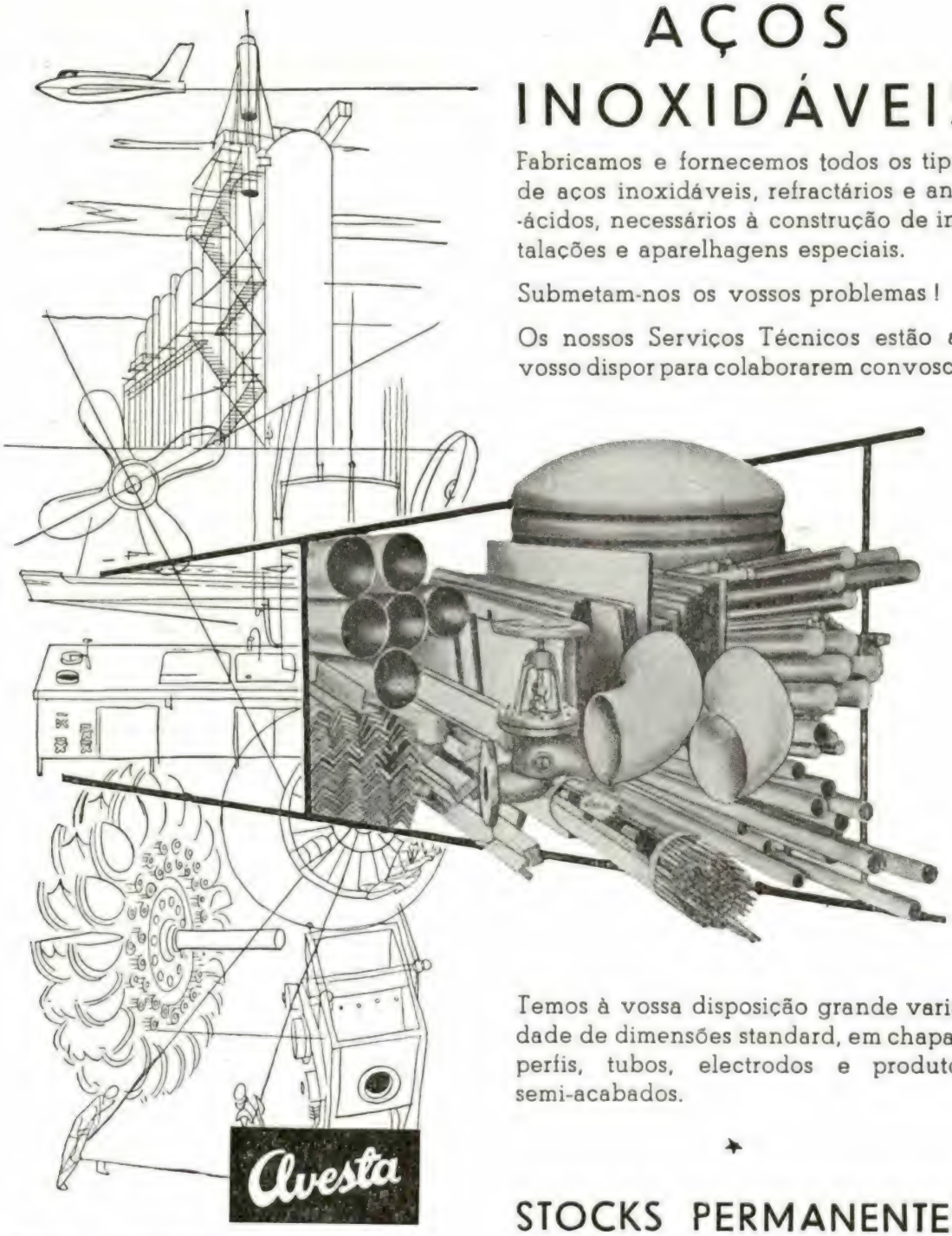
DEPÓSITO DE MATERIAIS:
ESTRADA DE MOSCAVIDE, 17-19
Telefone 38 90 72
LISBOA

AÇOS INOXIDÁVEIS

Fabricamos e fornecemos todos os tipos de aços inoxidáveis, refractários e anti-ácidos, necessários à construção de instalações e aparelhagens especiais.

Submetam-nos os vossos problemas!

Os nossos Serviços Técnicos estão ao vosso dispor para colaborarem convosco.



Temos à vossa disposição grande variedade de dimensões standard, em chapas, perfis, tubos, electrodos e produtos semi-acabados.

STOCKS PERMANENTES

AVESTA JERNVERKS AKTIEBOLAG
AVESTA — SUÉCIA

Representantes Exclusivos para Portugal e Ultramar:

A. JOHNSON & Co (PORTUGAL), L.DA

SEDE EM LISBOA:
Praça José Fontana, 11-1.º
Telef. 479 61 — 479 93 — 479 97

FILIAL NO PORTO:
R. Dr. António Granjo, 160/168
Telef. 5 4666

C. D. U. 621·039.512.26

The temperature coefficients of the resonance integral in uranium metal and oxide — *Brimberg, S. and Dahlström, J.*
Asea Research 7, pág. 129-146, Västerås, Sweden, 1962.

C. D. U. 621.039.516.232.002.56

A new xenon predictor for high-flux reactors — *Rydén, O. and Bergqvist, C. A.*
Asea Research 7, pág. 203-210, Västerås, Sweden, 1962.

C. D. U. 621.165

Inovações no domínio das turbo-máquinas funcionando por escoamento — *Emilio Hablützel*
Suíça Técnica, 1961, vol. 3, pág. 13-27.

C. D. U. 621.22

Determinación de la utilización posible y de la capacidad limite necesaria en sistemas hidráulicos de aprovechamiento directo (sin regulación) — *Rene Locascio.*
Ciencia y Tecnica, 9-10-961, vol. 130, n.º 656, pág. 256-269.

C. D. U. 621.224.001 (44)

L'usine marémotrice de la Rance
La Houille Blanche, 1962, n.º 2, pág. 117-129.

C. D. U. 621.311

Production d'énergie électrique.
Revue Brown Boveri, 1-2-961, vol. 48, n.º 1/2, pág. 5-49.

C. D. U. 621.311.1 : 31 (469)

Relatório e Estatística Anual — 1958 — *Repartidor Nacional de Cargas.*
3-959.

C. D. U. 621.311.1 (624)

Sennar — Burri — a Power Supply Project for the Sudanese Republic — *Rudolf Burger, Gerd Lottes.*
Siemens Review, 1962, vol. 29, n.º 3, pág. 82-88.

C. D. U. 621.311.1.01

Calculul Matricial al retelelor electrice — *M. Bercovici.*
Buletinul I. P. B., 4/6-961, vol. 23, n.º 2, pág. 147-173.

C. D. U. 621.311.16

Reparto óptimo de cargas entre las centrales de una rede eléctrica — *S. Alvarez, A. Baztán.*
Dyna, 2-962, vol. 37, n.º 2, pág. 55-61.

C. D. U. 621.311.161 (821.2)

Greater Buenos Aires Interconnections — *J. B. Fisher.*
AEI Engineering, 11/12-962, vol. 2, n.º 6, pág. 315-319.

C. D. U. 621.313.236.2

O amplificador rotativo Metadínamo — *D. P. Leite Brandão.*
Revista da F. E. U. P., 10/12-961, vol. 36, n.º 3, pág. 127-148; 1/6-962, vol. 37, n.º 1, pág. 45-56.

C. D. U. 621.313.33.013.62

Aplicaciones del Conjunto Motor Asincrono-Condensador — *E. Azaceta e A. Trueba.*
Dyna, 11-960, vol. 35, n.º 11, pág. 814.

C. D. U. 621.313.333

La rivincita del motore senza cave — *F. Tedeschi.*
Marelli, 5/8-962, vol. 36, n.º 5-8, pág. 3-9.

C. D. U. 621.313.333.043.3

Alcuni problemi relativi alla construzione e al dimensionamento delle gabbie rotoriche dei motori asincroni — *T. Brambilla.*
Marelli, 9-12-961, vol. 35, n.º 9-12, pág. 3-8.

C. D. U. 621.314.63 : 621.382.2

Metal and semi conductor rectifiers — *D. Ashby.*
Journal I. E. E., 11-961, vol. 7, n.º 83, pág. 649.

C. D. U. 621.315.21

Electric cables — *S. E. Goodall.*
Journal I. E. E., 1-959, vol. 5, n.º 49, pág. 2.

C. D. U. 621.315.211.2

Cables Electricos con Aiscamiento de Plastico.
Anales de Mecanica y Electricidad, 7/8-962, vol. 39, n.º 4, pág. 194 a 204.

C. D. U. 621.316.79 + 621-525

Three Years Teleperm-Telepneu Sistem — *Alfred Kübler and Hans Sartorius.*
Siemens Review 27 (1960), pág. 239 a 244. 6 figs.

C. D. U. 621.316.79 + 621-525

An Electronic Universal Controller of the Teleperm Type — *Kurt Fuchs and Karl Schlick.*
Siemens Review 27 (1960), pág. 249 a 255. 11 figs.

C. D. U. 621.316.79 : 731.717.1

Contrôle du repérage latéral — *Klaus Anke, Helmut Müller et Hildegard Schaufler.*
Revue Siemens 18 (1960), pág. 85-86. 2 figuras.

C. D. U. 621.316.933.4

Un nouveau parafoudre pour réseaux à haute tension — *Sarbach E.*
Rev. Brown Boveri, t. 49 (1962), n.º 3-4, pág. 128 a 132. 5 figs., 1 tabl., 3 ref. bibl.

C. D. U. 621.316.933.6.064.44

Le nouveau parafoudre Asea à soufflage magnétique — *Greve A. W.*
Asea-Revue 34 (1962) : 1, pág. 3-7.

C. D. U. 621.317.39.082.72 : 662.613

Monitoring Smoke and Flue-Dust Emission — *D. H. Grindell.*
AEI Engineering, 9/10 962, vol. 2, n.º 5, pág. 229-235.

C. D. U. 621.317.43

Installation de mesure et de triage de tôles magnétiques entières — *Gerhard Neubehler.*
Revue Siemens 18 (1960), pág. 1 a 3. 4 figuras.

C. D. U. 621.317.75

«Meter-reading» oscillograms — *J. Czech.*
Science and Industry, 1960, vol. 7, n.º 4, pág. 147-152.

C. D. U. 621.317.755.011.6

Oscilloscope display of the leading edges of pulse-shaped voltages without the insertion of delay-causing circuit elements in the measuring amplifier - *J. Czech.*
Science and Industry, 1960, vol. 7, n.º 3, pág. 105-109.

C. D. U. 621.317.785

Energy meters — *E. Roscoe.*
Journal I. E. E., 9-960, vol. 6, n.º 69, pág. 524.

C. D. U. 621.318.122/.132

Modern Ferromagnetic Materials — *F. Brailsford.*
Journal I. E. E., 8-959, vol. 5, n.º 56, pág. 417.

C. D. U. 621.318.2

Propriedades y aplicaciones de los nucleos magneticos en el processo de latos — *W. K. Westmijze.*
Matronics, 1961, n.º 19, pág. 385-392.

C. D. U. 621.319.53

High-Voltage Impulse-Testing Equipment — *Jörgen Fryxell.*
ASEA-Journal, 1961, vol. 34, n.º 11, pág. 187-192.

C. D. U. 621.33

Tracción eléctrica — *Emilio B. Nastri.*
Ciencia y Tecnica, 11/12-961, vol. 130, n.º 657, pág. 311-331.

C. D. U. 621.33

Traction
Revue Brown Boveri, 1/2-961, vol. 48, n.º 1-2, pág. 137-145.

C. D. U. 621.34 : 676.2.052.1

La máquina papelera y las posibilidades de su accionamiento — *H. Mueseler.*
AEG al día, 3-959, n.º 3, pág. 216-220.

C. D. U. 621.365.5

Les fours à induction à moyenne fréquence pour la fusion de l'acier, de la fonte grise et des métaux non ferreux — *Annen W.*
Rev. Brown Boveri, t. 48 (1961), n.º 10, pág. 531-545. 15 fig., 5 tabl.

C. D. U. 621.375 : 621373

On the Amplification of Short Impulses — *Tudor Tănăsescu.*
Buletinul IPB, 1960, vol. 22, n.º 3, pág. 129-155.

C. D. U. 621.382.3

Some recent developments in transistors and related devices — *A. R. Booth Royd.*
Journal I. E. E., 6-960, vol. 6, n.º 66, pág. 342.

C. D. U. 621.384.6

Les sources d'ions à excitation électrique de haute fréquence — *D. Blanc ; A. Degeilh*
Industries Atomiques, 1960, n.º 11-12, pág. 71-77.

C. D. U. 621.384.8 : 616.31-073-71

A Mass Spectrometer for Breath Analysis — *M. J. H. Stallard.*
A. E. I. Engéneering, 2-961, vol. 1, n.º 2, pág. 60-65.

C. D. U. 621.385.3

Triodes d'émission à usage industriel refroidies par rayonnement — *Hübner R.*
Rev. Brown Boveri, t. 48 (1961), n.º 10, pág. 587-590; 3 figuras e 1 tabela.

C. D. U. 621.389.049.75

Printed — wiring techniques — *G. W. Dummer.*
Journal I. E. E., 3-960, vol. 6, n.º 63, pág. 147.

C. D. U. 621.39 : 517.56

Determinação do Espectro de Potência e de Função de Autocorrelação a Partir de «Séries no Tempo» — *M. J. Abeu Faro.*
Memória n.º 152 do L. N. E. C., 1960.

C. D. U. 621.395.3

3 Million EMD Telephone Terminals — *Konrad Rohde.*
Siemens Review 28 (1961), pág. 336 338, 2 páginas, 1 figura e bibliografia.

C. D. U. 621.395.3

Le sélecteur EMD dans les centreaux téléphoniques — *Herbert Töpfer et Alois Brandstetter.*
Revue Siemens 18 (1960), pág. 187-190; 3 páginas, 6 figuras e bibliografia.

C. D. U. 621.395.34

Introduction of Electronics in Telephone Switching — *Louis de Broglie.*
Electrical Communication, 1960, vol. 36, n.º 3, pág. 159-161.

C. D. U. 621.395.34 : 001.6

Review of the Past 50 Years of Siemens Automatic Telephony — *Richard U. Stoewer.*
Siemens Review 27 (1960) pág. 220-222; 2 páginas, 3 figuras e bibliografia.

EMPRESA ELECTRO CERÂMICA

S. A. R. L.

FABRICANTE DE ISOLADORES PARA EQUIPAMENTO DE SUB-ESTAÇÕES TRANSFORMADORES E DE LINHAS DE TRANSPORTE DE ENERGIA EM ALTA TENSÃO

fabrica igualmente

- isoladores de baixa tensão
- pequena aparelhagem eléctrica em baquelite e porcelana
- tubo plástico "Polivolt" para protecção de condutores
- material em refractário especial para aparelhos de aquecimento

DANIEL VIDAS

SEDE L. BARÃO DE QUINTELA, 3-1.º LISBOA
FABRICA-CANDAL-VILA NOVA DE GAIA

EC 61·1

SONDAGENS RÓDIO, L.DA

LISBOA

RUA S. MAMEDE AO CALDAS, 22, 3.º

Telefones: 867165/6/7 ✦ Telegramas: SETANSOL

RODIO

SONDAGENS GEOLÓGICAS
ESTUDOS GEOTÉCNICOS
ESTACAS GUNITA
CAPTAÇÃO DE ÁGUAS
CONGELAÇÃO DO TERRENO
IMPERMEABILIZAÇÃO DE OBRAS HIDRÁULICAS
CONSOLIDAÇÃO DE FUNDAÇÕES
ABAIXAMENTO DO LENÇOL DE ÁGUA

—//—

Engenheiro Chefe: **Walter Weyermann**

SONDAGENS E FUNDAÇÕES A. CAVACO LDA.

SONDAGENS
FUNDAÇÕES
CAPTAÇÕES DE ÁGUA
REBAIXAMENTOS
DE NÍVEIS AQUÍFEROS

RUA RODRIGO DA FONSECA 62 R/C • LISBOA
TELEF. 53873-45451-57751-59562

C. D. U. 621.395.34 : 654.157

Emergency Call as a Special Telephone Service — *H. Gerstenberg.*
SEL-Nachr. 9 (1961), n.º 1, pág. 60-61.

C. D. U. 621.396.946

Radio Communication Using Earth-Satellite Repeaters — *Louis Pollack.*
Electrical Communication, 1960, vol. 36, n.º 3, pág. 180-188.

C. D. U. 621.398.004 : 330

Einsatz von Fernwirkanlagen — *H. Pogrzeba.*
1961, vol. 9, n.º 3, pág. 118-124.

C. D. U. 621.398.2

Instalações centralizadas de actuação à distância.
Suíça-Técnica, 1960, vol. 3, pág. 46-47.

C. D. U. 621.57-7

La filtration de l'air d'aspiration des compresseurs — *I. Bertaudon.*
Mécanique-Électrité, 3-961, vol. 45, n.º 142, pág. 62-68.

C. D. U. 621.791.001.4

Le soudage à l'arc des aciers galvanisés — *M. Puech.*
Acier-Stahl-Steel, 1960, n.º 12, pág. 523-528.

C. D. U. 621.791.76

Soudage par Résistance — *G. Fischer.*
Mécanique-Électricité, 5-962, vol. 46, n.º 155, pág. 69-78.

C. D. U. 624.014.2

Nouvelles tendances dans les applications de l'acier — *H. Odenhausen.*
Acier-Stahl-Steel, 1960, n.º 10, pág. 409-410.

C. D. U. 624.014.2 : 624.97

Résultats d'essais sur pylônes métalliques en vraie grandeur — *M. Lecomte.*
Acier-Stahl-Steel, 1960, n.º 10, pág. 429-437.

C. D. U. 624.014.2 : 725.39

La converture du Palais des Sports à Turin (Italie) — *F. Paolillo.*
Acier-Stahl-Steel, 1961, n.º 11, pág. 485-489.

C. D. U. 624.04.001.57
531.312.5
519.2 : 531.312.5

Statistical theories of structural similitude — *J. Ferry Borges.*
Memória n.º 164 — L. N. E. C., 1961.

C. D. U. 624.042.8.001.4

Les aspects de l'essai de fatigue sur pièces en grandeur réelle — *J. Strebelle.*
Acier-Stahl-Steel, 1960, n.º 11, pág. 483-491.

C. D. U. 624.043

Extension du concept de rigidité et ses applications aux constructions réticulées spatiales — *G. Perucci.*
Acier-Stahl-Steel, 1960, n.º 10, pág. 444-448.

C. D. U. 624.044

Allgemeine Theorie der Gekrümmten Schalen — *E. Bölcskei.*
Acta Technica, 1960, vol. 31, n.º 3-4, pág 391-423.

C. D. U. 624.5.04

Considérations sur le calcul des ponts suspendus (Deuxième partie) — *C. Gavarini.*
Acier-Stahl-Steel, 1961, n.º 4, pág. 183-192.

C. D. U. *626.86* : 532.596.21

Design of gravity drainage systems with the outlet subjected to the influence of tides — *A. Lencastre.*
Technical Paper n.º 167 — LNEC, 1961.

C. D. U. 627.82.042.5

As variações de temperatura nas barragens — *António F. da Silveira.*
Memória n.º 177 — LNEC, 1961, pág. 437.

C. D. U. 656.257-52 (43-2.47)

The Track Diagram Interlocking System Saarbrücken Hbf. — *H. Steinfeld.*
SEL-Nachr 8 (1960), n.º 3, pág. 127-130.

C. D. U. 657.42 : 621-523.8

Electronic aids to banking — *R. Feinberg.*
Journal I. E. E., 3-959, vol. 5, n.º 51, pág. 139-144.

C. D. U. 669.083

Low-pressure Metallurgy — *A. S. Darling.*
Metalurgia, 10-959, vol. 60, n.º 360, pág. 137-144.

C. D. U. 728 : 669.14

Un exemple de construction populaire avec large emploi de l'acier — *G. Borrello.*
Acier-Stahl-Steel, 1961, n.º 12, pág. 531-538.

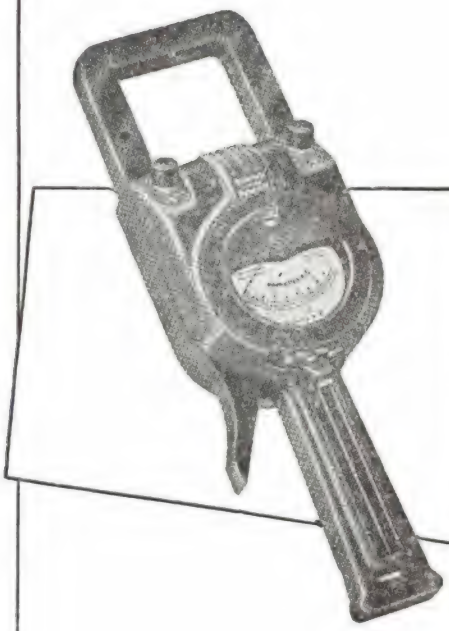
C. D. U. 669.14 : 620.172

Roturas por la acción coordinada entre la tensión mecánica y la corrosión en aceros al carbono y débilmente aleados — *E. Herzog.*
Dyna, 11-962, vol. 37, n.º 11, qág. 567-604.

C. D. U. 676.2.053.62-83

L'entraînement des enrouleuses dans l'industrie du papier — *Präkelt H.*
Rev. Brown Boveri, t. 47 (1960), n.º 8, pág. 517-522; 8 figuras.

PINÇAS FERRANTI



PINÇAS VOLT — AMPERIMÉTRICAS

7 ESCALAS

EM AMPÈRES	EM VOLTS
0 – 10 AMPS.	0 – 150 V
0 – 25 »	0 – 600 »
0 – 100 »	
0 – 250 »	
0 – 1000 »	

PINÇA WATTIMÉTRICA

7 ESCALAS

0 – 3 KW
0 – 6 »
0 – 12 »
0 – 30 »
0 – 60 »
0 – 120 »
0 – 300 »

REPRESENTANTES:

C. SANTOS LDA.

29, AVENIDA DA LIBERDADE, 41 — LISBOA

DIVISÃO MARÍTIMA E INDUSTRIAL
AVENIDA DA LIBERDADE, 29-41 — LISBOA
160, RUA STA. CATARINA, 168 — PORTO

C. D. U. 676.2.053.8-83

Les équipements d'entraînement réglés pour bobineuses-coupeuses — *Dudler A.*

Rev. Brown Boveri, t. 47 (1960), n.º 8, pág. 501-510; 13 figuras.

C. D. U. 676.8-83
681.62-83

Equipements d'entraînement à vitesse ajustable pour imprimeries et fabriques d'articles en papier et de cartonnages — *Wolfensberger P.*

Rev. Brown Boveri, t. 47 (1960), n.º 8, pág. 523-532; 8 figuras.

C. D. U. 678.743.41 + 678.743.45

Le polylétrafluoréthylène ét le polytrifluorochloréthylène — *M. Vaillant.*

Industrie des Plastiques Modernes, 5-961, vol. 13, n.º 4, pág. 47 56

C. D. U. 681.14 : 621.38

Description de la machine arithmétique électronique «Zebra» et de ses performances — *C. Jeanneret.*

Bulletin Technique de la Suisse Romande, 10-959, vol. 85, n.º 22, pág. 337-352.

C. D. U. 681.14 : 621.38

Règlage et calcutatrices électroniques — *P. A. Bobillier; H. Watteville.*

Bulletin Technique de la Suisse Romande, 10-959, vol. 85, n.º 21, pág. 313-333.

C. D. U. 681.142 : 621-52

Computers and control systems — *A. Asbury.*

Journal I. E. E., 6-960, vol. 6, n.º 66, pág. 335.

C. D. U. 691.212 : 693.1

Os granitos azuis e o seu emprego em alvenarias regulares toscas — *A. Campos e Matos.*

Revista da F. E. U. P, 7-9-961, vol. 26, n.º 2, pág. 57-73.

C. D. U. 691.32.001.5

A determinação da resistência do betão à traição — *J. Conceição Sampaio.*

Revista da F. E. U. P., 7-9-961, vol. 26, n.º 2, pág. 150-111.

C. D. U. 699.81

La protection des constructions métalliques contre le feu aux Etats-Unis — *K. Woods, Frederick Thulin.*

Acier-Stahl-Steel, 1960, n.º 12, pág. 533-535.

C. D. U. 699.81

La charpente métallique moderne doit-elle craindre les dégâts causés par le feu? — *Dr. Kollbrunner.*

Acier-Stahl-Steel, 8/9-960, n.º 7-8, pág. 317-320.

C. D. U. 711.4 (469.333.12)

A urbanização de Coimbra — *Carlos de Almeida.*

Binário, 9-960, n.º 24, pág. 297-300.

C. D. U. 725.2

Immeuble des magasins de vente des automobiles S. E. A. T. à Barcelona (Espagne) — *J. M. de Ugarte.*

Acier-Stahl-Steel, 1962, n.º 3, pág. 113-117.

C. D. U. 725.21

Nouveaux Magasins Sarma Marché-aux-Grains à Gand.

Acier-Stahl-Steel, 8/9-960, n.º 7-8, pág. 321-326.

C. D. U. 725.21

Un grand magasin de vente à Locarno (Suisse).

Acier-Stahl-Steel, 10-960, n.º 9, pág. 367-372.

C. D. U. 725.21

Grands Magasins de la Bourse à Ixelles (Belgique).

Acier-Stahl-Steel, 3-960, n.º 4, pág. 179-183.

C. D. U. 725.31

L'ossature métallique de la nouvelle aérogare de l'aéroport d'Orly — *Leau le Chevalier.*

Acier-Stahl-Steel, 8/9-960, n.º 7-8, pág 301-310.

C. D. U. 725.38

Les garages Krupp type Au-ro — *H. J. Dankert.*

Acier-Stahl-Steel, 1962, n.º 6, pág. 261-265.

C. D. U. 725.4

Superstructure métallique de la Centrale d'Arjuzaux (France) — *J. Scheiwiller.*

Acier-Stahl-Steel, 1960, n.º 5, pág. 229-234.

C. D. U. 725.4

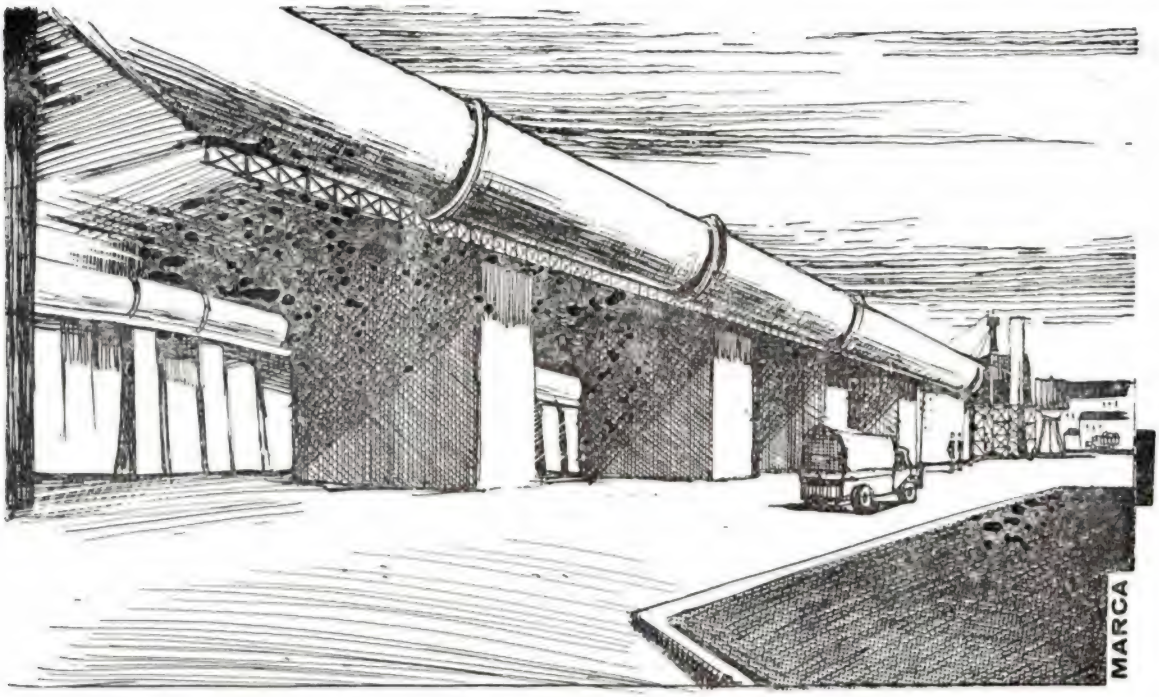
La charpante en acier des nouveaux ateliers de la S. A. Brown, Boveri & C. à Birrfeld (Suisse) — *Artur Weidt.*

Acier-Stahl-Steel, 1962, n.º 11, pág. 473-479.

C. D. U. 728.2 (469)

O Bloco das águas livres — *Ruy José Gomes.*

Memória n.º 153 — L. N. E. C, 1960.



EM TODOS OS TRABALHOS
DE RESPONSABILIDADE UTILIZE

CIMENTO TEJO

FÁBRICA EM
ALHANDRA

ADMINISTRAÇÃO
EM LISBOA

Sumários dos artigos publicados na Técnica n.º 324

Ano XXXVIII Janeiro 1963

A. Gouvêa Portela — CDU 159.955 : 167

Metalógica da decisão

Técnica 324 — XXXVIII — 1. 1963 pág. 239-241.

Como se mostra neste artigo, a decisão implica um erro intrínseco não susceptível de ser anulado quando os meios e o tempo são limitados.
Discutem-se depois os fundamentos sobre os quais se pode construir uma lógica da decisão.

J. Quintino Rogado — CDU 622.731

Um Princípio de sobreposição — A expressão geral da energia de fragmentação

Técnica 324 — XXXVIII — 1. 1963 pág. 243-268 — bibliografia.

Partindo de uma relação elementar que se admite estatisticamente válida e introduzindo um princípio de sobreposição foi-se conduzindo, com todo o rigor formal, a uma relação geral para energia de fragmentação que engloba todas as anteriormente deduzidas (com exclusão da de Kick) e que se presta à verificação experimental rigorosa.
O princípio de sobreposição admitido, traduz-se em considerar a máquina de fragmentação, onde seja válido, um sistema linear.

J. J. Fraústo da Silva
J. Gonçalves Calado — CDU 543.21.061

Sobre o uso de sequestrantes nas separações por precipitação

Técnica 324 — XXXVIII — 1. 1963 pág. 269-273 — bibliografia.

O tratamento matemático de uma função proposta para medir quantitativamente a eficiência das separações por precipitações usando agentes sequestrantes, permite estabelecer as condições operatórias óptimas.
Sugere-se um tipo de ábaco adequado à selecção dessas condições.

J. Neves da Silva — CDU 534.112.001.2

Dimensionamento de um oscilador mecânico de alta frequência por corda vibrante

Técnica 324 — XXXVIII — 1. 1963 pág. 275-280 — bibliografia.

Expõe-se neste artigo a teoria do funcionamento de um oscilador mecânico de corda vibrante, apresentando o formulário necessário para a determinação dos vários parâmetros, com aplicação a um aparelho construído no Laboratório de Máquinas do I. S. T.

A. Ravara — CDU 539.42.011.25
624.042.014.2

Princípios do cálculo à rotura em materiais homogéneos — metais dúcteis

Técnica 324 — XXXVIII — 1. 1963 pág. 281-291 — bibliografia.

O estudo das estruturas baseado na lei de Hook apresenta, para os metais dúcteis, o inconveniente de não aproveitar o facto de estes poderem sofrer deformações muito superiores às que se confinam ao limite elástico com um correspondente aumento de solicitação.
Procurou-se a partir do conhecimento das propriedades mecânicas do aço macio expor os princípios do cálculo em relação à rotura.

F. J. Silva de Mendonça — CDU 624.042 : 624.073

Cargas transmitidas pelas lajes armadas em cruz às vigas que as suportam

Técnica 324 — XXXVIII — 1. 1963 pág. 293-296

Apresentam-se tabelas com coeficientes de utilização prática, que permitem empregar diagramas de cargas triangulares e trapezoidais, como se fossem rectangulares, no método das bissectrizes para o cálculo das vigas que servem de apoio às lajes.

Summaries of articles published in «Técnica» No. 324

XXXVIII — 1. 1963

J. Quintino Rogado — UDC 622.731

Relationschip between work input and particle size distributions based on a superposition principle

Técnica No. 324 — XXXVIII — 1. 1963 pp 243 to 268 — bibliography.

Going out from an elementary relation which is admited to be statistically valid, and introducing a superposition principle, we are conducted, with all formal rigour, to a general relation for the fragmentation energy which coglobates all those were deduced before (excluded the one of Kick) and which leads itself to rigourous experimental verification.
The admited superposition principle consists, in considering the fragmentation-machine in which may be valid a linear system.

A. Gouvêa Portela — UDC 159.955 : 167

Metallogic of decision

Técnica No. 324 — XXXVIII — 1. 1963 pp. 239 to 241.

As is showen in this article, the decision implies one interinsic error not susceptible to be eliminated when the means and the time are limited.
After that they discuss the bases on which it is possible to built a logic of decision.

J. Neves da Silva — UDC 534.112.001.2

Calculation of a mechanical oscillator of high frequency by vibrating string

Técnica No. 324 — XXXVIII — 1. 1963 pp 275 to 280 — bibliography.

In this article the working theory of a mechanical vibrating string oscillator is exposed, presenting the necessary formulary to determine the several parameters with application to apparatus construted in the Machines Laboratory of I. S. T. (Lisbon).

J. J. Fraústo da Silva
J. Gonçalves Calado — UDC 543.21.061

About the use of masking agents in separations by precipitation

Técnica No. 324 — XXXVIII — 1. 1963 pp 269 to 273 — bibliography.

Mathematical treatment of a function related to the «eficiency» of separations by precipitation using masking agents, leads to the establishment of the best operatory conditions.
A nomogram for selecting such conditions is presented.

F. J. Silva de Mendonça — UDC 624.042 : 624.073

Loads transmitted by cross reinforced slabs to the beams that support them

Técnica No. 324 — XXXVIII — 1. 1963 pp 293 to 296

Tables with coefficients of pratical utilization are presented, which permit to employ triangular and trapezoid load diagrams as they were rectangular, in bisector's method, for the calculation of the beams that support the stabs.

A. Ravara — UDC 539.42.011.25
624.042.014.2

Principles of breaking stress determination in homogeneous materials — ductile metals

Técnica No. 324 — XXXVIII — 1. 1963 pp 281 to 291 — bibliography.

The calculation of structures based on Hook's law does not consider deformations over elastic limit.
The principles of breaking stress calculation are exposed based on mechanical propecties of soft steel.

Polyken®

EXPERIENCED IN MODERN PROTECTIVE COATING

moderno revestimento anticorrosivo

para todos os diametros de tubagem

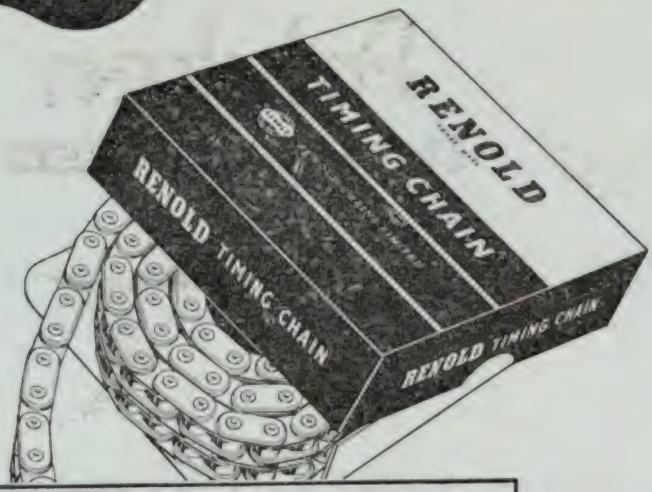
Representantes:

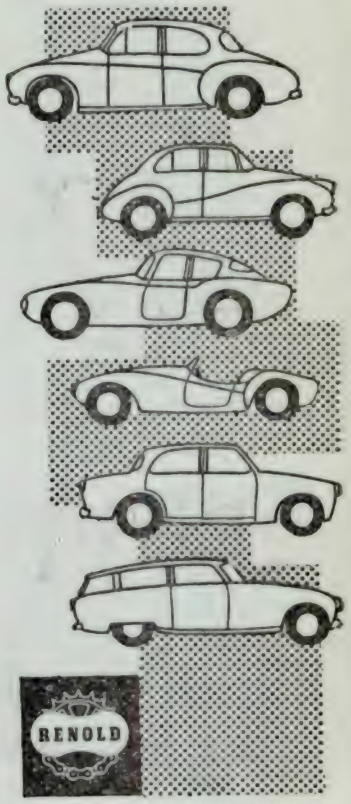
SOC. COMERCIAL LUSO ITALIANA. LDA

Av. Fontes Pereira de Melo
15-2º Lisboa telef. 538980 538989

213

RENOLD *o PRIMEIRO nome em correntes de*





Representantes e depositários

HARKER, SUMNER & Ca. Lda.

PORTO
38 Rua de Ceuta, 48
Telef: 27054-P.P.C. (4 linhas)

LISBOA
14 Largo do Corpo Santo, 18
Telef: 24823

RENOLD CHAINS LIMITED·MANCHESTER
REPRESENTANTES EM TODO O MUNDO

OFICINAS E LABORATÓRIOS
DO
INSTITUTO SUPERIOR TECNICO

As oficinas pedagógicas do Instituto Superior Técnico, de CARPINTARIA DE MOLDE, de INSTRUMENTOS DE PRECISÃO e de ELECTROTÉCNICA, fornecem todo o género de material escolar e de demonstração para o ensino técnico. Nos laboratórios de QUÍMICA ANALÍTICA, FÍSICA INDUSTRIAL E DE MINERALOGIA executam-se análises para o público

Para quaisquer informações, dirigir-se ao secretário da comissão executiva

LISTA CLASSIFICADA DE ANÚNCIOS

Neste número continua a «Técnica» a sua secção de publicidade — a *lista classificada de anúncios* — destinada a facilitar a procura por parte dos clientes.

Estas páginas amarelas ficam abertas aos nossos leitores, que nelas podem anunciar a sua firma e endereço, ao preço de 50$00 por número. Quanto aos nossos anunciantes, é com muito gosto que lhes concedemos grátis a inscrição na lista.

CONSTRUÇÃO CIVIL

CONSTRUTORES CIVIS

— **Agro-Mecânica**
R. Rodrigo da Fonseca — Lisboa

— **Construções Técnicas, Ld.ª**
Pr. do Município, 13-3.º — Lisboa — Tel. 36 65 09.

— **Soc. de Construções Amadeu Gaudêncio**
R. Alexandre Braga, 4 A — Lisboa 1
Tel. 4 31 91 — 4 31 92 — 4 31 93.

— **Soc. de Pré-Fabricação e Obras Gerais Novobra**
Av. Estados Unidos da América, Lote 3, 5.º D. — Telef. 77 48 32 / 76 64 46 — Lisboa 5

ESCAVADORAS

— **Guedes & Almeida**
R. de S. Nicolau, 71-4.º — Tel. 2 50 80 — Lisboa.

— **Monteiro Gomes, Limitada**
Rua Cascais, 47 (Alcântara) — Lisboa.

— **PROMEC — Sociedade Comercial de Máquinas e Equipamentos**
Av. Duque de Loulé, 75-6.º E. — Lisboa — Telefones: 73 34 63/73 35 81/73 36 14.

— **Soc. Técnica de Equipamentos e Tractores, Ld.ª**
Prior Velho — Sacavém — Tel. 2 51 00 01/4.

ESTORES

— **Estores Sunway**
Avenida General Roçadas, 98-C e D — Lisboa — Tel. 83 54 35

FUNDAÇÕES

— **Empresa de Sondagem e Fundações Teixeira Duarte, Ld.ª.**
Pr. da Figueira, 18, 3.º — Lisboa — Tel. 36 27 95.

— **Empresa Ultramarina de Sondagens e Fundações**
Pr. da Figueira, 18-3.º Esq. — Lisboa — Luanda — Lourenço Marques

— **Sociedade Construtora Portuguesa, Ld.ª**
Praça do Areeiro, 9-4.º E. — Lisboa 1 — Tel. 72 60 61 e 72 99 11.

— **Sondagens e Fundações, A. Cavaco, Lda.**
R. Rodrigo da Fonseca, 62-r/c — Lisboa 1
Tel. 55 38 73 — 5 95 62 — 73 35 45.

IMPERMEABILIZAÇÃO

— **Anselmo de Matos**
Av. Almirante de Reis, 179, r/c — Lisboa 1 — Telef. 4 64 39.

— **Empresa de Produtos Asfálticos**
R. Filipe Folque, 10-1.º — Lisboa — Tel. 73 01 56.

— **Orlando Fernandes**
Rua Palmira, 46-A-B-C — Lisboa 1 — Tel. 83 01 63 e 84 26 39.

INSTRUMENTOS DE PRECISÃO

— **Papelaria Fernandes — S.A.R.L.**
L. do Rato, 13 — Lisboa — Tel. 68 21 31/39.
R. do Ouro, 145 — Lisboa — Telef. 2 83 61 e 2 60 66

— **Pimentel & Casquilho**
R. Jardim do Regedor, 24, 2.º
Lisboa-2 — Tel. 32 43 14 — 32 42 48.

— **Wild Portugal, Ld.ª**
Praça das Águas Livres, 8, s/l 6 — Lisboa 2 — Tel. 68 11 27.

ISOLAMENTO ACÚSTICO

— **Isola**
Av. António Augusto de Aguiar, 17 — Lisboa — Tel. 4 78 24 - 4 16 97.

ISOLAMENTO TÉRMICO

— **SETH, Ld.ª**
R. Filipe Folque, 10-1.º — Lisboa — Tel. 73 01 56.

MOBILIÁRO

— **Fábrica Portugal**
R. Febo Moniz

SONDAGENS

— **Empresa de Sondagens e Fundações Teixeira Duarte, Ld.ª**
Pr. da Figueira, 18, 3.º — Lisboa — Tel. 36 27 95.

— **Empresa Ultramarina de Sondagens e Fundações**
Pr. da Figueira, 18-3.º Esq. — Lisboa — Luanda — Lourenço Marques

— **Sondagens e Fundações, A. Cavaco Lda.**
R. Rodrigo da Fonseca, 62-r/c — Lisboa 1
Tel. 55 38 73 — 5 95 67 — 73 35 45.

— **Sondagens Ródio, Ld.ª**
R. de S. Mamede ao Caldas, 22-3.º — Lisboa —
Tel. 86 71 65/7.

CONSTRUÇÕES METALO-MECÂNICAS

CONSTRUTORES METALO-MECÂNICOS

— **Companhia União Fabril**
Av. 24 de Julho, 170 — Lisboa 2 — Tel. 67 04 21

— **Construções Metalo-mecânica MAGUE, Ld.ª**
Alverca

— **Jayme da Costa, Ld.ª**
R. dos Correeiros, 14 — Lisboa — Tel. 32 70 35.
Praça da Batalha, 12 — Porto — Tel. 2 28 12.
Cx. Postal 5174 — Luanda — Tel. 47 43.

— **Soc. Louis de Roll — Representante Socotel**
R. Sá da Bandeira, 651-4.º — Lisboa

MÁQUINAS-FERRAMENTAS

— **Sociedade Comercial ROMAR, Ld.ª**
Lisboa.

EDIÇÕES TÉCNICAS

— **Revista TÉCNICA**
Av. Rovisco Pais.

EQUIPAMENTO ELÉCTRICO

— **Agência Geral de Material Eléctrico**
R. das Indústrias, 4-1.º — Tel. 66 06 92 — Lisboa.

— **ASEA**
Rua de Artilharia Um, 104-4.º Dt. — Lisboa —
Tel. 68 90 17/8/9.
R. do Campo Alegre, 144, Porto — Tel. 6 21 06/9

— **EFACEC — Empresa Fabril de Máquinas Eléctricas**
S. Mamede de Infesta.

— **Jayme da Costa, Ld.ª**
R. dos Correeiros, 14 — Lisboa — Tel. 32 70 35.
Praça da Batalha, 12 — Porto — Tel. 2 28 12.
Cx. Postal 5174 — Luanda — Tel. 47 43.

— **Siemens — Comp. de Electricidade, S. A. R. L.**
Lisboa — Av. Almirante Reis, 65
Porto — R. das Carmelitas, 12.

— **Soc. de Elec. Brown Boveri**
R. Sá da Bandeira, 481-2.º — Tel 2 34 11 — Porto

— **Sociedade Michäelis de Vasconcelos, Ld.ª — Oerlikon**
Av. Marquês de Tomar, 94 — Lisboa.
P. da Liberdade, 114 — Porto.

— **União Eléctrica Portuguesa**
R. Alexandre Herculano, 244 — Porto.
R. Rosa Araújo, 35 — Lisboa.

DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA

— **União Eléctrica Portuguesa**
R. Alexandre Herculano, 244 — Porto.
R. Rosa Araújo, 35 — Lisboa.

ELÉCTRODOS

— **Electro-Arco, Ld.ª**
R. Silva Carvalho, 239 — Lisboa — Tel. 68 36 49.
R. do Bolhão, 216 — Porto — Tel. 2 12 77.

INSTALAÇÕES

— **Azevedo & Pessi, Ld.ª**
R. Nova do Almada, 46 — Lisboa 2.

— **Electrotécnicos Reunidos, Ld.ª**
Lisboa

— **Isolux, Lda.**
R. Gonçalves Crespo, 33, 3.º — Lisboa
R. de Sá da Bandeira, 551, 4.º — Porto.

INSTRUMENTOS DE MEDIDA

— **C. Santos, Ld.ª**
29, Av. da Liberdade, 41 — Lisboa.

— **English Eléctric de Portugal, Limitada**
R. Cascais, 47 (Alcântara) — Lisboa 3.

— **Jayme da Costa, Ld.ª**
R. dos Correeiros, 14 — Lisboa — Tel. 32 70 35.
Praça da Batalha, 12 — Porto — Tel. 2 28 12.
Cx. Postal 5174 — Luanda — Tel. 47 43.

ISOLAMENTOS

— **Empresa Electro-Cerâmica, S.A.R.L.**
L. Barão de Quintela.

SOLDADURAS

— **Sociedade Portuguesa do Ar Líquido**
R. da Quinta do Almargem, 14 — Lisboa —
Tel. 63 71 36.
R. de Justino Teixeira, 617 — Porto — Tel. 5 00 31.

TELECOMUNICAÇÕES

— **Empresa Técnica de Equipamentos Eléctricos, S.A.R.L.**
R. Rodrigo da Fonseca, 110, r/c — Lisboa —
Tel. 68 60 72.
R. Sá da Bandeira, 766-1.º E — Porto — Tel. 2 48 18.

— **Standard Eléctrica, S.A.R.L.**
Av. da Índia — Lisboa.

EQUIPAMENTO INDUSTRIAL

ANILHAS

— **Gomes de Castro & Irmão, Ld.ª**
R. Guedes de Azevedo, 229 — Tel. 2 06 58 — Porto.
Rua dos Remolares, 12-4.º — Sala A —
Tel. 36 65 83 — Lisboa.

APARELHOS DE ELEVAÇÃO

— **Azevedo & Pessi, Ld.ª**
R. Nova do Almada, 46 — Lisboa 2 — Tel. 3 01 32

— **Demag — Soc. Romar**
R. da Boa Vista — Lisboa

— **PROMEC — Soc. Comercial de Máquinas e Equipamentos**
Avenida Duque de Loulé, 75-6.º Esq. Lisboa — Tel. 73 34 63/73 35 81/73 36 14.

— **Sanfer, Ld.ª**
Rua S. Julião, 41-1.º — Lisboa — Tel. 32 60 89.

AQUECIMENTO

— **Fluitherma**
9, Avenue Hoche, Paris 8e

BOMBAS

— **CIDEX — Comércio Internacional e Representações Industriais**
Av. Casal Ribeiro, 46-2.º -Tel. 73 53 07-Lisboa 1

— **Vasco Pessoa, Lda.**
Rua da Boa Vista, 63 — Lisboa 2

CORRENTES

— **RENOLD**
Harker, Sumner & C.ª, Ld.ª
Largo do Corpo Santo, 14-18 — Lisboa.
Rua de Ceuta, 38-48 — Porto.

MÁQUINAS-FERRAMENTAS

— **Georges Fischer — Soc. An. — Suíça — Representante Soc. Romar**
R. da Boa Vista — Lisboa

— **Sociedade Comercial ROMAR, Ld.ª**
Lisboa.

MOTORES INDUSTRIAIS

— **C. Santos, Ld.ª**
29, Av. da Liberdade, 41 — Lisboa.
160, R. de Santa Catarina, 168 — Porto.

INDÚSTRIAS QUÍMICAS

EQUIPAMENTO

— **Filtros Filfro, Ld.ª**
R. Capitão Filipe de Sousa, 128, Caldas da Rainha.

— **Kellogg International Corporation**
62/72 Chiltern Street – Baker Street
London W. 1, England

FELTROS

— **FANAFEL — Fábrica Nacional de Feltros Industriais**
Estrada de S. João — Ovar — Tel. 93

LUBRIFICANTES

— **BP**

— **Mobil Oil**

— **SONAP**

— **Silicones — Wacker — Chemie G. M. B. H. Química Hoechst, Lda.**
R. Sá da Bandeira, 651, 1.º — Porto

REVESTIMENTOS

— **NEODON — Agência Comercial, Limitada**
Travessa do Loureiro, 3 — Lisboa — Tel. 4 90 54

— **POLYKEN — Sociedade Comercial Luso-Italiana, Lda.**
Avenida Fontes Pereira de Melo, 15-2.º — Tel. 53 89 80 e 53 89 89

TÊXTEIS

— **FANAFEL — Fábrica Nacional de Feltros Industriais, Ld.ª**
Estrada de S. João — Ovar.

INSTRUMENTOS DE PRECISÃO

— **Pimentel & Casquilho, Ld.ª**
Rua do Jardim do Regedor, 24, 2.º — Lisboa
Tel. 32 43 14 — 32 42 48.

— **Hidrel — Técnica de Hidráulica e Electricidade**
Rua do Alecrim, 47-B — Lisboa

VÁLVULAS

— **COMETNA**
R. Academia das Ciências, 5 - Lisboa - Tel. 3 17 10 — 3 17 18 — 3 17 19.
Pr. D. João I, 25-1.º — Porto — Tel. 2 47 71.

MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

AÇOS ESPECIAIS

— **A. Johnson & C.ª (Portugal), Ld.ª**
P. José Fontana, 11-1.º — Lisboa — Tel. 47964-4 79 93-4 79 97.
R. Dr. António Granjo, 160/168-Porto-Tel. 5 46 66

— **Companhia Portuguesa de Trefilaria**
R. do Instituto Industrial, 18-1.º, Dt.º — Lisboa
Tel. 67 12 24/5.

— **SOABAL — Sociedade de Aços para Betão Armado, Ld.ª**
R. Joaquim Bonifácio, 2-1.º-Lisboa-Tel. 4 05 66.

BETÃO

— **Sociedade Portuguesa CAVAN**
R. de D. Estefânia, 94-A — Lisboa — Tel. 4 78 12 e 5 01 29.

BETAO ARMADO

— **SOABAL — Sociedade de Aço para Betão Armado, Ld.ª**
R. Joaquim Bonifácio, 2-1.º-Lisboa-Tel. 4 05 66.

CIMENTOS

— **CIBRA — Cimentos Brancos**
Tv. do Corpo Santo, 15 — Lisboa — Tel. 32 04 64.
R. do Bonjardim, 205 — Porto — Tel. 2 57 79.

— **Empresa de Cimentos de Leiria**
R. Braamcamp, 7 — Lisboa — Tel. 5 91 61/66.

— **Secil**
R. do Comércio, 156 — Lisboa 2 — Tel. 32 82 01/2/3.

MATERIAL DE ESCRITÓRIO

DUPLICADORES

— **A Gestetner, Ld.**
R. da Conceição, 125 — Lisboa — Tel. 2 26 28.
L. do Padrão, 20-1.º — Porto — Tel. 2 34 69.

MOTORES DIESEL

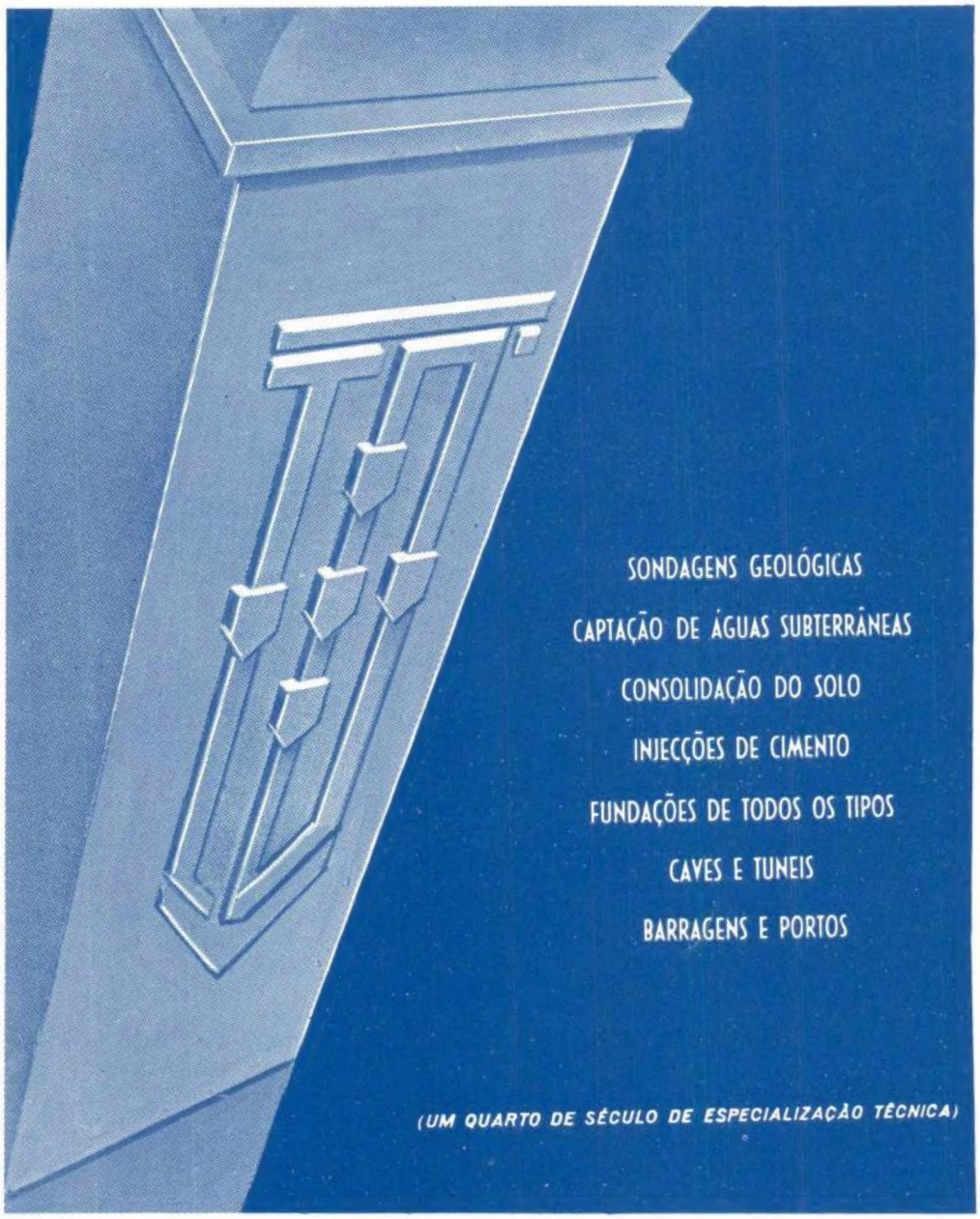
— **C. Santos, Ld.ª**
29, Av. da Liberdade, 41 — Lisboa.
160, R. de S. Catarina, 168 — Porto

Empresa de Sondagens e Fundações

TEIXEIRA DUARTE, L.DA

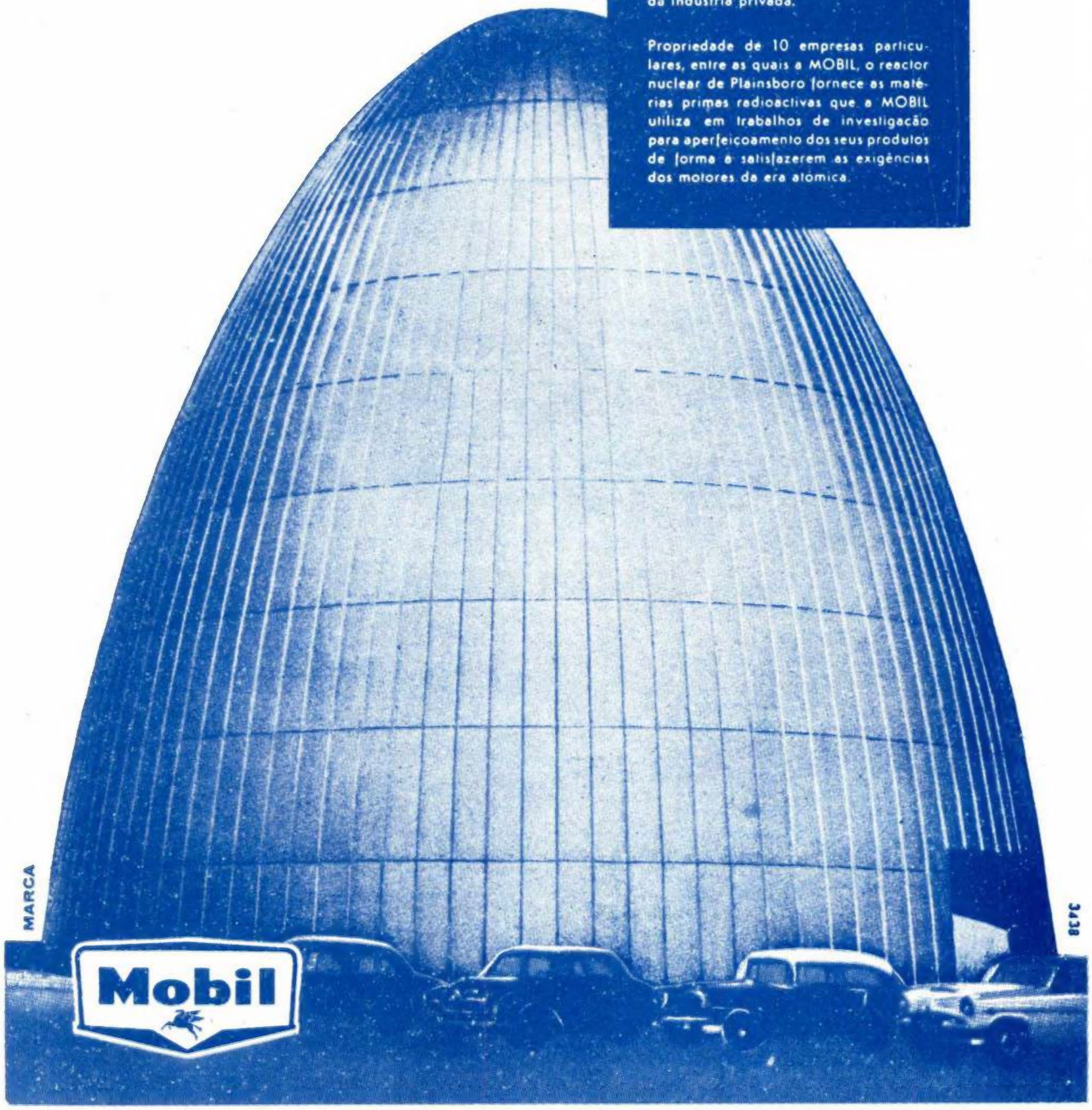
PR. DA FIGUEIRA, 18. 3.º
TELEF. 36 27 95

LISBOA



Fotogravura
Armeis & Moreno, Lda.

O MAIOR REACTOR NUCLEAR DO MUNDO DA INDÚSTRIA PRIVADA

Em Plainsboro, Estados Unidos, ergue-se o maior reactor nuclear do mundo da indústria privada.

Propriedade de 10 empresas particulares, entre as quais a MOBIL, o reactor nuclear de Plainsboro fornece as matérias primas radioactivas que a MOBIL utiliza em trabalhos de investigação para aperfeiçoamento dos seus produtos de forma a satisfazerem as exigências dos motores da era atómica.